

Biologische effectiviteit van bespuitingen; effecten van druppelgrootte en waterkwaliteit

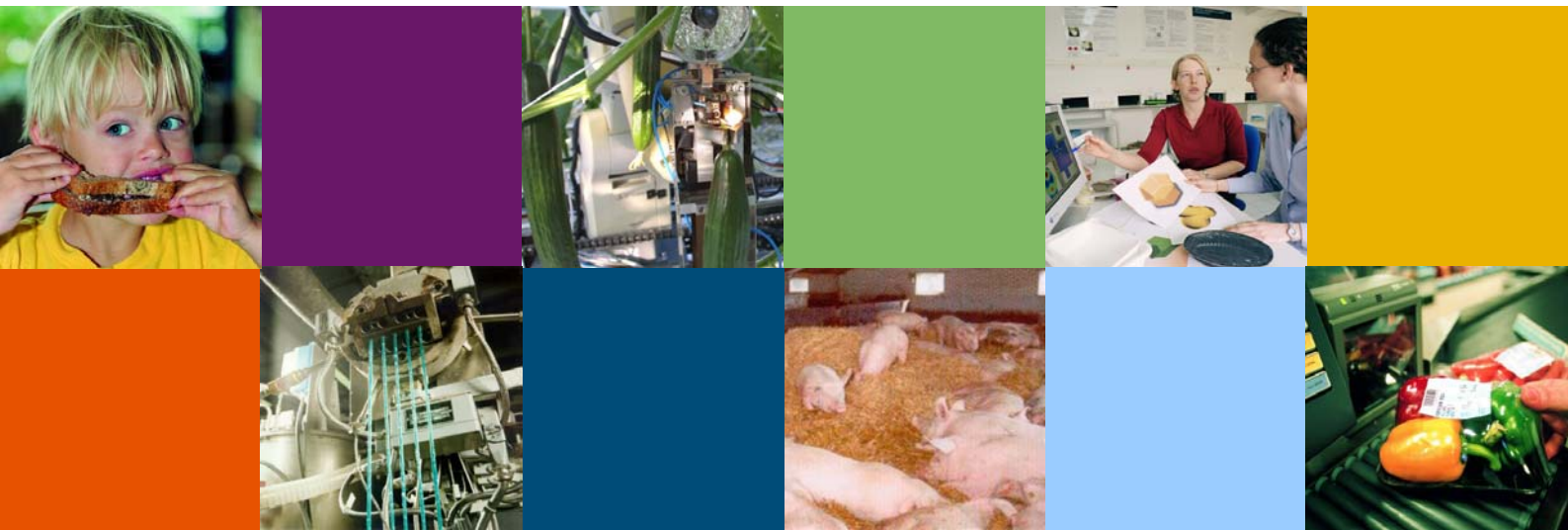


J.C van de Zande

D.A. van der Schans (PPO-Lelystad)

A. Koster (PPO-Lisse)

Report 028



Biologische effectiviteit van bespuitingen; effecten van druppelgrootte en waterkwaliteit

J.C. van de Zande
D.A. van der Schans (PPO-Lelystad)
A. Koster (PPO-Lisse)

Report 028

Colophon

Title	Biologische effectiviteit van bespuitingen; effecten van druppelgrootte en waterkwaliteit
Author(s)	J.C. van de Zande, D.A. van der Schans (PPO-Lelystad), A. Koster (PPO-Lisse)
A&F number	Report 028
ISBN-number	90-6754-856-1
Date of publication	Juli 2004
Confidentiality	Non
Project code.	630.51791.01

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.

This report is authorised by: J.F.M. Huijsmans



The quality management system of Agrotechnology & Food Innovations B.V. is certified by SGS International Certification Services EESV according to ISO 9001:2000.

Abstract

Zande, J.C. van de, D.A. van der Schans, A. Koster, 2004. Biologische effectiviteit van bespuitingen; effecten van druppelgrootte en waterkwaliteit. Wageningen University and Research Centre - Agrotechnology and Food Innovations, WUR-A&F Report 028, Wageningen. 2004. 90pp.

In this report the results of a literature review are presented on the effect of water quality of the tank mix on spray quality and biological efficacy of crop protection products. A differentiation is made in fungicides, herbicides and insecticides. Mostly a reduction in biological efficacy is reported because of different water qualities. Biological efficacy of crop protection products is influenced by a.o. acidity and hardness of the tank water. Biological efficacy of herbicides is also influenced by spray quality, especially the coarser 'low drift' nozzle types.

Key-words: spray technique, nozzle-type, spray quality, water quality, hardness, acidity, biological efficacy, pesticides

Voorwoord

Deze rapportage beschrijft de invloed van watervolume, druppelgrootte en kwaliteit van het tankmengsel op de biologische effectiviteit van bespuitingen. Onder kwaliteit van het tankmengsel wordt in dit verband verstaan: temperatuur, hardheid, pH en zoutgehalte (chloor en ijzerzouten) van de spuitvloeistof.

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van LTO-Nederland en medegefinancierd door het Hoofdproduktschap Akkerbouw. De begeleiding vond plaats vanuit de Stuurgroep driftreductie in de akkerbouw van de LTO Commissie Vaktechniek Akkerbouw (secretaris J.P. Kloos). Hans de Ruiter (SURfaPLUS) wordt bedankt voor het kritisch doorlezen van het concept.

Wageningen, juli 2004

Inhoudsopgave

Abstract	3
1 Inleiding	9
2 Materiaal en methode	10
3 Waterkwaliteit en werking gewasbeschermingsmiddelen	11
3.1 Biologische effectiviteit en druppelgrootte	12
3.1.1 Herbiciden	12
3.1.1.1 Druppelgrootte	12
3.1.1.2 Biologische effectiviteit	15
3.1.2 Insecticiden	25
3.1.3 Fungiciden	26
3.1.3.1 Druppelgrootte	26
3.1.3.2 Biologische effectiviteit	27
3.2 Biologische effectiviteit en waterkwaliteit	32
3.2.1 Herbiciden	32
3.2.2 Insecticiden	38
3.2.3 Fungiciden	39
3.3 Halfwaardetijd gewasbeschermingsmiddelen en waterkwaliteit	40
3.3.1 Herbiciden	40
3.3.2 Insecticiden	43
3.3.3 Fungiciden	46
3.4 Waterkwaliteit in Nederland	47
3.4.1 Leidingwater	47
3.4.2 Oppervlaktewater	47
3.4.3 Regenwater/Bassinwater	48
3.4.4 Bronwater	48
4 Conclusies en aanbevelingen	50
Samenvatting	53
Summary	55
Literatuur	57
Bijlagen	66

1 Inleiding

Indien met nieuwe spuittechnieken en verbeterde bedrijfsvoering een afname in drift wordt bereikt die vergelijkbaar is met de afname zoals die kan worden behaald met de in het Lozingenbesluit (VenW *et al.*, 2000) genoemde maatregelen, dan kan dit als alternatief worden opgenomen. Om alternatieven te ontwikkelen heeft de Werkgroep driftreductie van de Commissie Vaktechniek Akkerbouw (LTO) een inventarisatie gemaakt van spuittechnieken die kunnen leiden tot praktisch hanteerbare pakketten van driftbeperkende technieken, die controleerbaar en certificeerbaar zijn. Uit deze inventarisatie is een selectie gemaakt van een combinatie van technieken met goede perspectieven voor substantiële driftreductie.

Parallel daaraan heeft de werkgroep vastgesteld, dat een aantal factoren van grote invloed is op de biologische effectiviteit van de bespuiting. Naast weersomstandigheden, de gebruikte spuitapparatuur en het spuitvloestofvolume per ha kan de kwaliteit van het tankmengsel van belang zijn voor de effectiviteit. Hierdoor kan de biologische activiteit en de efficiency van de bespuiting aanzienlijk verschillen. Tankmengselfactoren die van invloed kunnen zijn, zijn ionen die in het spuitwater voorkomen zoals Fe, Mg, Ca, Cl, en vervuiling met grond, stof of organische deeltjes. Verder kunnen PH en temperatuur van het spuitwater een rol spelen. Deze factoren zijn beïnvloedbaar door de gebruiker, waardoor een verlaging van het middelengebruik per ha gerealiseerd zou kunnen worden bij gelijkblijvende biologische effectiviteit. Hierdoor is logischerwijs de driftdepositie in het oppervlaktewater te verminderen. Het nadeel van deze factoren is, dat ze moeilijk zijn te combineren in een pakket, dat eenvoudig te meten en controleerbaar is door derden. De werkgroep is daarom tot de conclusie gekomen, dat deze groep maatregelen niet zal kunnen worden gebruikt in verband met het lozingenbesluit. De werkgroep stelde wel voor een inventarisatie van alle beschikbare kennis op dit onderwerp te maken. Deze kennis wordt van grote waarde voor telers geacht. In deze rapportage wordt deze kennis bijeengebracht. Er wordt verondersteld, dat er verschillen per gewasbeschermingmiddel en eventuele toevoegingen bestaan. Deze rapportage kan vervolgens dienen als uitgangsmateriaal om de kennis op handzame wijze te verspreiden, bijvoorbeeld als een folder. Op basis van deze kennis kunnen maatregelen worden genomen om de effectiviteit te verbeteren. Zo kan een wezenlijke bijdrage worden geleverd aan de vermindering van de milieubelasting en kan het leiden tot kostenbesparing.

Resultaten van de geïnventariseerde kennis worden beschreven over de kwaliteit van het water (H3.4) en van het tankmengsel (H3.3) in combinatie met de druppelgrootte (H3.1) en het effect op de biologische effectiviteit van de bespuiting (H3.2).

2 Materiaal en methode

Een deskstudie is uitgevoerd om beschikbare kennis te inventariseren over de kwaliteit van het tankmengsel (water + gewasbeschermingsmiddelen) in combinatie met de druppelgrootte en het effect op de biologische efficiency/effectiviteit van de bespuiting. Verondersteld wordt, dat er verschillen per gewasbeschermingsmiddel en eventuele toevoegingen bestaan.

De deskstudie had de volgende doelstellingen:

1. Groepering van producten betreffende de invloed van toegepaste spuitvloeistof en druppelgrootte op de biologische effectiviteit.
2. Groepering van producten betreffende de invloed van factoren op de biologische effectiviteit: temperatuur van de tankvloeistof, hardheid, zoutgehalte (chloor en ijzerzouten), zuurgraad (pH), toevoegingen en eventuele andere factoren.
3. Formuleren van een aantal praktische maatregelen, om de factoren die van invloed zijn op de biologische effectiviteit van de tankvloeistof te beïnvloeden en te stabiliseren in de tijd.
4. Een overzichtelijke rapportage waarbij aandacht wordt besteed aan de mogelijkheid de inventarisatie als kennisdocument voor telers te presenteren.
5. Inventariseren van overige factoren, die mogelijk van invloed zijn op de biologische effectiviteit van de tankvloeistof.

Uitgaande van de vijf onderwerpen, is onderscheid gemaakt tussen verschillende groepen van gewasbeschermingsmiddelen (fungiciden, insecticiden, herbiciden). Deze zijn verder opgesplitst naar chemische en biologische gewasbeschermingsmiddelen. Naast de literatuur recherche / deskstudie is een inventarisatie van grijze literatuur/documenten gehouden. Ook is aanwezige expertise op verschillende locaties in Nederland (PPO-vestigingen, waterbeheerders, gewasbeschermingsmiddel fabrikanten) geïnventariseerd.

3 Waterkwaliteit en werking gewasbeschermingsmiddelen

De waterkwaliteitskenmerken die invloed kunnen hebben op de werking van bestrijdingsmiddelen zijn vooral pH en hardheid. Ook zout (chlorionen) en ijzergehalte hebben invloed. In combinatie met de chemische eigenschappen van de gewasbeschermingsmiddelen kunnen deze waterkwaliteitskenmerken bijvoorbeeld leiden tot uitvlokking.

Druppelgrootte

De oplossing van gewasbeschermingsmiddelen in de tankvloeistof heeft effect op de oppervlaktespanning en de viscositeit van de vloeistof. Hierdoor kunnen, in vergelijking met water als spuitvloeistof, veranderingen ontstaan in het druppelgroottespectrum van een spuitdop.

Hardheid

De hardheid van het water heeft te maken met de hoeveelheid kalk die in het water is opgelost. Het gaat hierbij om twee verschillende stoffen: calcium en magnesium. Deze beide stoffen bepalen samen de hardheid van het water. In het Waterleidingbesluit wordt zowel een minimum- als een maximumnorm gegeven voor de hardheid van het leidingwater. De hardheid moet tussen de 5,6 °D en 14 °D liggen.

Voor het grootste deel van Nederland geldt dat het water vrij zacht is. Gemiddeld is de hardheid 8 °D. Hard water komt nog voor in delen van Noord-Holland, de Achterhoek, Neder-Betuwe, de Haarlemmermeer en Limburg. De waterbedrijven werken ook hier aan het zachter maken van het water voor de consument. De waterbedrijven hanteren de volgende indelingsschaal voor het aangeven van de hardheid (Vewin, 2003):

0 tot 4 °D: zeer zacht water

4 tot 8 °D: zacht water

8 tot 12 °D: gemiddeld

12 tot 18 °D: vrij hard water

18 tot 30 °D: hard water

Door de calcium en magnesium ionen kunnen de ionen van de actieve stof in gewasbeschermingsmiddelen gebonden worden. Hierdoor verliest een gedeelte van het opgeloste middel zijn werking. Daardoor gaat ook de effectiviteit van het middel achteruit. Naast leidingwater wordt water uit eigen bronnen en slootwater gebruikt.

Zuurgraad

De pH is een maat voor de zuurgraad van het water. Een lage pH is zuur, zeven is neutraal en een hoge pH is basisch. Zuur betekent meer H^+ -ionen in het water en basisch betekent meer OH^- -ionen. Deze OH^- -ionen kunnen een reactie aangaan met de werkzame stof, waardoor de werking afneemt. Bij een hogere pH zullen pesticiden met een organisch zuur karakter protonen afsplitsen en daardoor een negatieve lading krijgen. De pH van het spuitwater kan op twee manieren invloed hebben op de werking van een bestrijdingsmiddel:

1. de werkzaamheid van de actieve stof van het middel;
2. de opname van het middel door het blad.

In deze studie is alleen het eerste aspect meegenomen. Door de pH wordt met name de stabiliteit van de werkzame stof beïnvloed. Dit komt dan tot uiting in de afbraak van de actieve stof in de tijd, de halfwaarde tijd.

3.1 Biologische effectiviteit en druppelgrootte

3.1.1 Herbiciden

3.1.1.1 Druppelgrootte

Spanoghe *et al.* (2001) onderzochten het effect van de hardheid van het water op het druppelgroottespectrum (Tabel 1) bij twee formuleringen van glyfosaat (Roundup en Roundup Ultra). Hardheid van het water varieerde van 0 tot 684 ppm. Ook werd ammoniumsulfaat als waterverzachter toegevoegd aan het water met de hoogste hardheid (684 ppm). Druppelgroottes werden bij 3 drukken bepaald (Malvern) aan een spuitdop XR110015VP op 30 cm onder de dop.

Tabel 1. Gemiddelde druppeldiameter (D43; μm) van water en de glyfosaat oplossingen bij verschillende hardheden van het water voor 3 drukken bij een XR110015VS spleetdop (naar Spanoghe *et al.*, 2001)

vloeistof	Druk (bar)	hardheid			
		zacht	matig	hard	hard
		20	342	684	684+AmSul
water	2	143	146	146	143
	3	132	133	134	133
	4	124	124	125	127
Roundup	2	143	142	141	139
	3	130	129	128	130
	4	123	121	121	120
Roundup Ultra	2	142	143	143	142
	3	131	128	131	128
	4	121	123	121	119

Voor beide formuleringen van glyfosaat werd er geen effect gevonden van de hardheid van water op het druppelgroottespectrum (Tabel 1). Ook werd het effect van toevoegmiddelen op de druppelgrootte bepaald (Spanoghe *et al.*, 2002). Van vier in de praktijk veel gebruikte toevoegmiddelen; Tween 20, Agral 90, Silwet L77 en Break Thru is het effect op de druppelgrootte in de spuitnevel vastgelegd. De Volume Mediane Diameter (VMD) werd gemeten met een Malvern systeem. De gebruikte doptypen waren Teejet 8001vk, 80015vk, 8002vk, XR8003vk, XR8004vk, XR8005vk, XR8006vk, XR8008vk bij een druk van 2 en 3 bar. Tween 20 toegevoegd aan water gaf voor de doptypen 8001 tot 8003 geen effect op de VMD. Voor de grotere doptypen werd een kleinere VMD gevonden met een oplossing van Tween 20 in vergelijking met water alleen. Silwet L77 toegevoegd aan water gaf voor alle doptypen een grover druppelgroottespectrum. Dit effect was groter bij een concentratie van 100 mg/l dan bij 1000 mg/l. Agral 90 vergrootte de VMD voor alle doptypen in een concentratie van 100 mg/l. Een concentratie van 1000 mg/l Agral 90 had geen effect op de VMD voor de doptypen 8001-8003 en verkleinde de VMD voor de doptypen 8004-8008. Ditzelfde beeld werd ook bij Break Thru waargenomen. Bij een concentratie van 100 mg/l werd voor alle doptypen een vergroting van de VMD waargenomen. Bij een concentratie van 1000 mg/l was er geen effect voor de doptypen 8001-8002 en werd de VMD kleiner voor de doptypen 8003-8008.

Butler Ellis & Tuck (2000) onderzochten het effect van acht toevoegmiddelen op het druppelgroottespectrum (PMS) van drie venturi-spleetdoppen (AI), een luchtvlloeistofmengdop (TF) en een standaard spleetdop (Tabel 2). De AI doppen hadden een grootte van 02 en spoten 0,8 l/min bij 3 bar. De luchtvlloeistofmengdop spoot bij een waterdruk van 2,2 bar en een luchtdruk van 0,75 bar (0,8 l/min) en de standaard dop spoot bij 2,5 bar. De gebruikte toevoegmiddelen waren: minerale olie (Actipron), plantaardige olie (Codacide olie), Polyethoxylated tallow amine uitvloeier (Ethokem), Polyethoxylated nonylphenol uitvloeier, Polyethoxylated heptamethyl trisiloxane (Silwet L-77), synthetische latex (Bond), Poly-1—p-menthene (pinolene; Clinger) en een gemodificeerde soja licithine (Li-700).

Tabel 2. Effect van toevoegmiddel en doptype op de Sauter Mean Diameter (μm) (naar Butler Ellis & Tuck, 2000)

naam	Conc. %v/v	AI 1	AI 2	AI 3	TF	standaard
water		424	412	327	310	216
Ethokem	0.5	456	404	355	375	212
Agral	0.1	477	414	364	344	213
Bond	0.14	459	429	351	330	214
Actipron	1.0	412	416	321	303	221
Silwet L-77	0.15	438	399	331	320	219
Li-700	0.5	390	392	309	292	220
Clinger	0.23	425	425	318	300	233
Codacide olie	1.0	412	422	323	305	226

De samenstelling van de spuitvlloeistof heeft een significant effect op de druppelgrootte. Afhankelijk van doptype kan dit zelfs voor doppen met hetzelfde werkingsprincipe leiden tot grote verschillen. Het effect van toevoegmiddelen wijkt bij venturi-spleetdoppen af van dat van standaard spleetdoppen. Bij wateroplosbare additieven nam de gemiddelde druppelgrootte bij venturi-spleetdoppen toe en bij standaard spleetdoppen af. Bij emulsies en dispersies nam de gemiddelde druppelgrootte bij venturi-spleetdoppen af en bij standaard spleetdoppen toe. De grootste verschillen traden op bij de luchtvlloeistofmengdop waar een toename van 20% in gemiddelde druppelgrootte bij de Ethokem optrad en een afname van 8% bij de Li-700.

Het effect van 10 commercieel beschikbare toevoegmiddelen op het druppelgroottespectrum van een Teejet 80015EX dop wordt door Holloway *et al.* (2000) beschreven (Tabel 3). De druppelgroottemetingen werden met een PMS en een PDPA meetsysteem uitgevoerd. De gebruikte toevoegmiddelen Actipron, Codacide, Phase, Ethokem, Agral, Silwet L-77, Bond, Barclay Clinger, Li-700 en Team 2000 werden aan een gedestilleerd water toegevoegd. Het effect op het druppelgroottespectrum werd uitgedrukt in de Volume Mediane Diameter (VMD) en de fractie druppels kleiner dan 200 μm . Toevoeging van de drie op olie gebaseerde toevoegmiddelen verhoogden in vergelijking met water de VMD aanzienlijk. De water oplosbare tallowamine en de nonylfenol uitvloeiers verlaagden de VMD, in tegenstelling tot de organosilicone die de VMD verhoogde. De VMD werd ook verhoogd door de fosfolipide. Weinig of geen effect hadden de latex en de ammoniumsulfaat. Afhankelijk van de toevoeging kan de afwijking (197-293 μm ; PDPA) van het druppelgroottespectrum gemeten met water (220 μm ; PDPA) dus aanzienlijk zijn.

Tabel 3. Effect van toevoegmiddelen op de Volume Mediane Diameter (VMD) en de fractie druppels kleiner dan 200 µm bij een Teejet 80015EX dop (naar Holloway *et al.*, 2000)

produkt	stof		Concentratie [g/l]	VMD [µm]		fractie < 200 µm	
				PMS	PDPA	PMS	PDPA
geen				218	220	39.5	44.8
Actipron	emulgeerbare olie	minerale olie	10	241	251	30.1	33.7
Codacide	emulgeerbare olie	plantaardige olie	10	251	278	26.8	26.7
Phase	emulgeerbare olie	gemethyleerde plantaardige olie	10	252	293	28.4	21.2
Ethokem	uitvloeier	tallow amine	5	207	200	45.9	53.1
Agral	uitvloeier	nonylphenol	1	210	209	43.4	49.5
Silwet L-77	uitvloeier	organosilicone	1.5	248	261	29.5	29.1
Bond	filmmaker	latex	1.4	221	235	37.8	40.3
Barclay Clinger	filmmaker	pinoleen	2.3	248	275	27.7	26.5
Li-700	fosfolipide	fosfolipide	5	247	278	28.2	22.8
Team 2000	inorganisch	ammoniumsulfaat	30	-	221	-	44.6
		aceton-water		-	197	-	54.2
		LSD(0,05)		4.0	7.6	2.0	2.3

Bouse *et al.* (1990) onderzocht het effect van verschillende herbicide tank mixen en polymeer additieven op het druppelgroottespectrum. Significante verschillen in druppelgroottespectrum (VMD) werden gevonden voor de verschillende herbicide-formuleringen. Het toevoegen van een polyvinyl polymeer (Sta-Put, Nalco-Trol) verhoogde de druppelgrootte aanzienlijk, zelfs bij lage polymeer concentraties. Zhu *et al.* (1997) merkt overigens op dat als gevolg van het recirculeren van de spuitvloeistof tijdens het spuiten de polymeer additieven kunnen afbreken. Met name lange polymeerketens vallen uit elkaar als gevolg van de intensieve spanningen. Met name de niet-ionische polymeren gaven uiteindelijk weer druppelgroottespectra vergelijkbaar met de uitgangssituatie (water).

Powell *et al.* (2002) onderzochten het effect van formulering en doptype op het druppelgroottespectrum van de spuitnevel (Tabel 4). Van 8 formuleringen werd bij 3 type venturi-spleetdoppen gemeten wat het druppelgroottespectrum was (Oxford Visisizer). Gebruikte venturi-spleetdoppen waren de Billerica BubbleJet 02, Hardi Injet 02 en Sprays International PneuJet 02 met een spuitdruk van 3 bar. Voor alle drie de venturi-spleetdoppen was de gemiddelde druppelgrootte voor alle formuleringen kleiner dan voor water of water met een niet-ionische uitvloeier. De verschillen in gemiddelde druppelgrootte tussen de doppen zijn vaak groter dan de verschillen tussen de formuleringen.

Tabel 4. Effect van formulering van gewasbeschermingsmiddelen in de tankvloeistof op de gemiddelde druppelgrootte (VMD in μm) van de spuitnevel bij drie type venturi-spleetdoppen (naar Powell *et al.*, 2002)

vloeistof	Concentratie [%]	BubbleJet 02	InJet 02	PneuJet 02
Water		360	530	560
Niet-ionische uitvloeier	0.1	380	460	580
Clodinafop-propargyl (e.c.) + Emulgeerbare plantaardige olie	0.125 2.5	340	490	495
Clodinafop-propargyl (e.c.) + Methylated plantaardige olie	0.125 1.0	320	470	485
Clodinafop-propargyl (e.c.) + trifluralin (e.c.)+ Emulgeerbare plantaardige olie	2.5 2.5	340	500	495
Clodinafop-propargyl (e.c.) + trifluralin (e.c.)+ Cypermethrin (e.c.) + Methylated plantaardige olie	2.5 0.25 2.75	340	480	505
Clodinafop-propargyl (e.c.) + trifluralin (e.c.)+ Isoproturon (s.c.) + Methylated plantaardige olie	2.5 2.0 4.5	330	530	505
Clodinafop-propargyl (e.c.) + trifluralin (e.c.)+ Isoproturon (s.c.) + cypermethrin (e.c.) + Methylated plantaardige olie	2.5 2.0 0.25 4.75	330	510	450

Duidelijk is dat afhankelijk van de vormgeving (merk en type) van de dop de effecten op de druppelgrootte voor dezelfde formulering verschillend kunnen zijn.

3.1.1.2 Biologische effectiviteit

Knoche (1994) heeft een uitvoerig literatuur onderzoek uitgevoerd naar het effect van spuitvolume en druppelgrootte op de biologische effectiviteit van herbiciden (Tabel 5). In het algemeen werd geconcludeerd dat bij gelijkblijvend spuitvolume een fijner druppelspectrum een betere werking gaf. Dit beeld was consistent voor systemische middelen dan voor middelen met een contactwerking. Bij grasachtige onkruiden gaf een verkleining van het druppelgrootte spectrum bij druppelgroottes kleiner dan $150 \mu\text{m}$ een uitgesproken relatie met verbeterde effectiviteit dan bij druppels groter dan $150 \mu\text{m}$. Voor dicotylen was dit minder duidelijk.

Tabel 5. Effect van kleinere druppelgrootte op de werkzaamheid van op blad toegediende herbiciden (naar Knoche, 1994)

Druppel grootte [μm]	Aantal experimenten	Respons werkzaamheid op afname druppelgrootte [% van totaal aantal experimenten]		
		toename	geen	afname
< 150	24	79	21	0
150-250	49	71	20	8
250-350	46	72	22	7
>350	40	65	25	10
totaal	159	71	22	7

Een fijner druppelgroottespectrum vergrootte ook de effectiviteit van herbiciden op moeilijk te bevochtigen onkruiden (contacthoek druppel $<110^\circ$). Minder duidelijk was dit beeld op gemakkelijk te bevochtigen onkruiden (contacthoek druppel $>110^\circ$).

Bij herbiciden fenmedifam (Betanal Trio) in suikerbieten (Van der Schans & Van Zeeland, 2002a) is er sprake van een geringere werking bij toepassing van driftbeperkende doppen met een grover druppelspectrum (ID120025). Dit werd met name gevonden bij spuiten met lagere doseringen op de onkruiden melganzevoet en perzikkruid. Dit verschil werd niet opgeheven door toevoeging van de hulpstof (Actirob B), een verbeterde plantaardige olie.

In uien vonden Van der Schans & Van Zeeland (2002b) een duidelijk lagere effectiviteit op de onkruiden melganzevoet en perzikkruid van een grof spectrum spuitdop (AI11003) ten opzichte van een standaard spleetdop (XR11003) bij hetzelfde spuitvolume (250 l/ha). De bespuitingen werden uitgevoerd met de contactherbiciden Actryl (ioxynil) en Basagran (bentazon).

Csorba *et al.* (1995) onderzochten het effect van doptype bij lage spuitvolumes (75 l/ha) op de depositie van spuitvloeistof op jonge graan- en koolzaadplanten in het laboratorium (Tabel 6). Het graan was ontwikkeld tot GS13 en het koolzaad had 4 echte bladeren. Er werd met en zonder een niet-ionische uitvloeier gespoten. De verschillen in teruggevonden depositie op de planten waren aanzienlijk. Duidelijk was dat de fijnste dop de hoogste depositie gaf. Dit werd nog verhoogd door toevoeging van de uitvloeier.

Tabel 6. Relatieve depositie van spuitvloeistof op tarwe en koolzaad planten bij verschillende spuitdoppen (75 l/ha) en toevoeging van een uitvloeier. (tarwe-XR11001+agral = 100) (naar Csorba *et al.*, 1995)

doptype	tarwe		koolzaad	
	water	+agral	water	+agral
XR11001	68	100	53	100
TT11001	53	105	31	89
XR110015	42	94	37	119
TT110015	28	80	26	79
DG110015	26	64	25	97
TT11002	20	53	18	65

Knott (1995) onderzocht het effect van spuitvolume en druppelgroottespectrum op de biologische effectiviteit in een erwten en een bonen gewas. Diverse bespuitingen werden uitgevoerd met spuitvolumes van 100 l/ha (4110-12) en 200 l/ha (4110-14). Voor onkruidbestrijding in erwten (cycloxdim; Laser + Actipron olie) tegen *Elymus repens* was een 100 l/ha spuitvolume beter dan de 200 l/ha. Bij de andere middelen (Bentazon, Bentazon/MCPP + cyanazin) en onkruiden (kleefkruid, muur, straatgras, herik, klaproos) was er geen verschil tussen de beide spuitvolumes.

Jensen (2002) rapporteerde het effect van spuitvolume, doptype en druppelgrootte-spectrum op de werking van haloxyfop tegen raaigras (Tabel 7, 8). Het raaigras (*Lolium perenne*) had tijdens de bespuiting 2-5 blaadjes. Gebruik werd gemaakt van standaard spleetdoppen (Hardi ISO-F01, ISO-F02), voorkamer-spleetdoppen (LD-015) en venturi-spleetdoppen (Injet 015, Injet 03) om spuitvolumes van 75, 120, 150 en 240 l/ha te realiseren. Door de dosering lineair te veranderen over het proefveld kon de dosis-effect curve voor iedere dop bepaald worden. Hieruit is de relatieve dodingpotentie bepaald,

een verhoudingsgetal tussen de dosis van de standaard dop en de te vergelijken dop met gelijke bestrijding.

Tabel 7. Relatieve dodingspotentie van verschillende spuitvolumes en spuitdoppen bij een toepassing van haloxyfop in raaigras (2-5 blaadjes) (naar Jensen, 2002)

doptype	Spuitvolume [l/ha]	Dopafgifte [l/min]	Relatieve dodingspotentie	
F-02	150	0.75	1.00	1.00
AI-015	150	0.75	0.66	0.45
F-01	75	0.38	0.97	1.11

Bij een spuitvolume van 150 en 75 l/ha (Tabel 7) was het bestrijdingseffect van de venturi-spleetdop (AI-015) duidelijk lager dan van beide spleetdoppen (F-02, F-01).

Tabel 8. Effect van doptype, rijsnelheid en spuitvolume op de bestrijding van raaigras met haloxyfop (naar Jensen, 2002)

doptype	Spuitvolume [l/ha]	Dopafgifte [l/min]	Rijsnelheid [km/u]	Relatieve dodingspotentie	
LD-015	120	0.6	6.0	1.00	1.00
LD-015	240	0.6	3.0	0.97	0.91
LD-015	480	0.6	1.5	0.88	-
AI-015	120	0.6	6.0	0.90	-
AI-015	240	0.6	3.0	0.89	0.75
AI-015	480	0.6	1.5	0.78	0.75
AI-03	240	1.2	6.0	-	0.78
AI-03	480	1.2	3.0	-	0.83

Vergeleken met de voorkamer-spleetdop (LD-015) was de bestrijdende werking van de venturi-spleetdop (AI-015, AI-03) slechter (Tabel 8). Voor beide doptypen gold dat de bestrijding afnam met toenemend spuitvolume van 240 naar 480 l/ha. Hierbij had de hoogste rijsnelheid 6 km/u een betere werking dan de laagste rijsnelheid van 1,5 km/u. Voor beide venturi-spleetdoppen was er geen effect van spuitvolume (rijsnelheid).

Windey *et al.* (2002) onderzochten het effect van doptype en watervolume op het doodspuiten van het aardappelloof aan het einde van het groeiseizoen. Zij vonden dat bij de werveldoppen, luchtmengdoppen en ketsdoppen de effectiviteit van Spotlight groter was bij grotere toegepaste watervolumes per hectare dan bij kleinere. De afdoding bij deze hogere watervolumes resulteerde in een kleiner aantal resterende groene planten en een egalere afdoding van het gewas. Spotlight gebruiken bij een dosering van 400 l/ha zal resulteren in een betere afdoding dan bij een dosering van 200 l/ha, hoewel dit laatste volume bij deze proef ook aanvaardbare resultaten opleverde.

Over de dopkeuze kon geen eenduidige conclusie worden getrokken. De werveldop leek het minst effectief en de ketsdop (Turbo Teejet) en de luchtmengdop het meest effectief. Deze twee laatste doppen gaven egale afdodingsresultaten. Geconcludeerd werd dat elke geteste dop ingezet kan worden in het loofdoden met Spotlight.

Het effect van doptype en druppelgrootte op de depositie op, opname in en transport door maïsblad van glyfosaat is onderzocht door Feng *et al.* (2003). Een vergelijking werd gemaakt tussen de doptypen Teejet XR110015, DG110015 en AI110015. Bij een druk van 2,76 bar worden deze dop-druk combinaties ingedeeld in de klassen Fijn, Midden en Grof. Gelabeld glyfosaat werd gespoten op glyfosaat-resistent maïs. De depositie van

glyfosaat op maïsblad was verschillend voor de doptypen. De fijne dop gaf een hogere depositie (47%) dan de midden en grove spuitdop (resp. 38 en 37%). De opname in het maïsblad was direct gecorreleerd met de druppelgrootte en bereikte een maximum 1 dag na toediening. De hoogste opname (3 dagen na toediening) werd gemeten bij de grove spuitdop (49%) gevolgd door de midden (35%) en de fijne (30%) spuitdop. Het transport door de plant was ook het hoogst bij het grove druppelgroottespectrum.

Zande *et al.* (1995) onderzocht gedurende drie teeltseizoenen het effect van spuitvolume en doptype op de onkruidbestrijding (april) in tarwe (Tabel 9). Meest voorkomende onkruiden (10-200 planten/m²) waren kleeftkruid en muur. Er werd gespoten met fluroxypyr/mecoprop (Starane/MCPP). Gemiddeld over drie jaar gaf een spuitvolume van 100 l/ha (XR11002; 1,5bar) een iets betere onkruidbestrijding dan 200 l/ha (XR11003; 2,5bar). Een grover druppelgroottespectrum van een Airjet Tk-vs10-35 spuitdop (2,1 bar +0,7bar luchtdruk) gaf bij een spuitvolume van 100 l/ha een slechtere onkruidbestrijding dan de standaard 100 l/ha.

Tabel 9. Effect van spuitvolume, druppelgrootte en dosering op de onkruidbestrijding in tarwe (naar Zande *et al.*, 1995)

Spuitvolume [l/ha]	doptype	druppel- spectrum	Dosering		
			100%	75%	50%
200	XR11003	Midden	71	75	68
100	XR11002	Fijn	83	66	72
100	Airjet Tk-vs10-35	Midden/Grof	67	49	42

Ramsdale & Nalewaja (2001) onderzochten het effect van toevoegmiddelen, spuitvolume en doptype op de werking van imazamox, nicosulfuron en tralkoxydim op de bestrijding van de grasachtige onkruiden wilde haver, naalbaar en millet (Tabel 10). Het spuitvolume varieerde tussen 23 en 94 l/ha. Dit werd gerealiseerd door het doptype te veranderen (XR8001, XR8002 en XR8004) en de rijsnelheid (4, 8 en 16 km/u). Een gemethyleerde plantaardige olie (Scoil), een niet-ionisch additief (Activator 90), een gemethyleerde plantaardige olie + fosfaatbuffer (Supercharge) en een combinatie additief van een niet-ionische uitvloeier, een buffer en een ammoniumzout (Quad7) werden als toevoegmiddel gebruikt met de verschillende herbiciden.

Tabel 10. Bestrijdingseffect op grasachtige onkruiden van combinaties van gewasbeschermingsmiddelen, spuitvolumes en additieven (naar Ramsdale & Nalewaja, 2001)

middel	Spuit Vol. [l/ha]	Dop- type	Snel- heid [km/u]	Scoil		Activator 90		Super- charge	Quad7		Gem.
				1% v/v	1.8 l/ha	0.25 %	0.23 l/ha	0.5% v/v	1% v/v	2% v/v	
imazamox	23	8001	16	77	86	57	66	-	-	-	72
	47	8001	8	74	83	60	65	-	-	-	71
	94	8001	4	65	73	53	53	-	-	-	61
tralkoxydim	23	8001	16	51	89	-	-	47	-	-	62
	47	8001	8	62	91	-	-	64	-	-	72
	47	8002	16	63	90	-	-	60	-	-	71
nicosulfuron	94	8004	16	78	78	-	-	66	-	-	74
	23	8001	16	68	86	54	-	-	78	84	74
	94	8004	16	80	84	68	-	-	82	85	80

De laagste spuitvolumes (23 en 48 l/ha) gaven met imazamox een betere bestrijding van de grasachtige onkruiden dan een spuitvolume van 94 l/ha (Tabel 10). Bij tralkoxydim en nicosulfuron was de bestrijding met 94 l/ha beter dan bij 23 l/ha. Lage spuitvolumes bleken goed gebruikt te kunnen worden maar zijn afhankelijk van de combinatie gewas-beschermingsmiddel en toevoegmiddel.

Gemiddeld over alle metingen werd geen verschil gemeten voor het 23 en 94 l/ha spuit-volume. Bij dezelfde rijsnelheid (16 km/u) was er een verschil in bestrijdingseffect (tralkoxydim + nicosulfuron) van 68% voor het 23 l/ha en 77% voor het 94 l/ha spuit-volume. De grovere druppels (8004) gaven dus een beter bestrijdingseffect dan de fijnere druppels (8001).

Jensen *et al.* (2001) onderzocht het effect van dooptype en toevoegmiddel (Lissapol) op de werking van glyfosaat tegen hergroei van *Festuca rubra* in een graanstoppel. Een spuit-volume van 146 l/ha werd uitgebracht met een fijne dop (Hardi S4110-14 of F110-02). Een spuitvolume van 166 l/ha met een Middel spectrum werd uitgebracht met driftarme spuitdoppen (Hardi SL4110-14 of LD110-02). Het bestrijdingseffect werd uitgedrukt in relatieve potentie, ten opzichte van de fijne dop 4110-14 zonder additief (waarde 1.0). De relatieve potentie komt uit dosis-effect curves en geeft de potentiële doseringsverlaging aan ten opzichte van de referentie. Een relatieve potentie van 1,40 betekent dat de glyfosaatconcentratie tot 71% ($1.0/1.40=0.71$) verlaagd kan worden.

Tabel 11. Relatieve potentiële bestrijding van *Festuca rubra* in een graanstoppel met Roundup met verschillende dooptypen en een toevoegmiddel (naar Jensen *et al.*, 2001).

Spuit volume [l/ha]	doptype	Druppel-grootte	Toevoeg-middel	Relatieve potentiële bestrijding			
				1997	1998	1999	Gem.
166	S4110-14	Fijn	Geen	1.00	1.00	1.00	1
146	F110-02	Fijn	Wel	1.24	1.09	1.34	1.22
166	SL4110-14	Middel	Geen	1.19	0.94	1.03	1.05
146	LD110-02	Middel/grof	wel	1.03	1.14	1.40	1.19

Een dop met een midden spectrum gaf een even goed bestrijdingsresultaat als een fijne dop (Tabel 11). In het algemeen gaf een toevoegmiddel een verbeterde werking bij beide dooptypen zodanig dat gemiddeld de dosering van glyfosaat met 17% gereduceerd kon worden.

Wolf (2000) beschreef onderzoek naar het effect van drie dooptypen, negentien herbicide formuleringen uit 6 groepen met verschillend werkingsprincipe op de bestrijding van 27 soorten onkruiden (Tabel 12). Gebruikte dooptypen waren een standaard spleetdop (XR80015), een kets-spleetdop (TT110015) en diverse venturi-spleetdoppen (TD, BubbleJet, AI). Het spuitvolume was in alle onderzoeken 100 l/ha. Verschillen in effectiviteit werden vooral veroorzaakt door de herbicide dosering, toedieningstijdstip, en spuitdruk (27-38% onderzoeken). In de gevallen waar dooptype wel effect had (16% onderzoeken) gaven de driftarme spuitdoppen doorgaans een slechtere bestrijding dan de standaard spleetdop. De verschillen in onkruidbestrijding waren echter zelden groter dan 10%. Met name gewasbeschermingsmiddelen uit de groep van de cyclohexadionen (sethoxydim, tralkoxydim) waren het meest gevoelig voor dooptype en gaven in 60% van de onderzoeken een effect. In 20% van de gevallen met een dopeffect gaven driftarme spuitdoppen zelfs een betere bestrijding dan de standaard spleetdop. Vooral moeilijk te bevochtigen onkruiden gaven reacties op dooptype. De grofste venturi spleetdoppen wor-

den niet geadviseerd voor gebruik met contact herbiciden of gebruik tegen grasachtige onkruiden.

Tabel 12. Frequentieverdeling (%) van onderzoeken naar effect van groepen herbiciden met gelijk werkingsprincipe, doctype en uitvoeringsomstandigheden (naar Wolf, 2000)

groep	Bestrijding %	Goede omstandigheden			Marginale omstandigheden		
		XR	TT	Venturi	XR	TT	Venturi
A	80-100	100	100	75	71	43	43
	<80	0	0	25	29	57	57
B	80-100	95	93	95	76	70	91
	<80	6	8	5	24	30	9
O	80-100	77	69	77	77	62	77
	<80	23	31	23	23	38	23
C3	80-100	83	83	67	67	67	58
	<80	16	17	33	33	33	41
D	80-100	88	100	100	-	-	-
	<80	12	0	0	-	-	-
G	80-100	100	100	100	100	100	100
	<80	0	0	0	0	0	0

Alhoewel in veel laboratorium onderzoeken er een duidelijke verbetering van de onkruidbestrijding was door een fijner druppelgroottespectrum (Knoche,1994) blijken uit recente veldstudies ook gegevens te komen dat grove druppelgroottespectra vergelijkbare resultaten geven als standaard spuittechnieken (Wolf, 2002). De verdeelnauwkeurigheid (spuitboombeweging) blijkt net zo belangrijk te zijn als het druppelgroottespectrum bij het vaststellen van dosis-respons relaties. Afhankelijk van het onkruid (grootte, type) vond Wolf (2002) een optimale combinatie van doctype en spuitdruk om gelijke onkruidbestrijdingresultaten te verkrijgen. Voor sommige grove doctypen zat er binnen het gebruikelijke drukbereik geen juiste druk om dezelfde onkruidbestrijding te krijgen als met de standaard dop. Geconcludeerd werd dat om de teler/spuiter goed te kunnen adviseren aanvullende informatie over dosis-effect relaties voor groepen onkruiden nodig is voor de verschillende druppelgroottespectra.

Debroize & Denoirjean (2000) onderzochten (Tabel 13) het effect van een herbicide (metsulfuron-methyl; Ally) met verschillende spuitdoppen en twee spuitvolumes (80 en 170 l/ha).

Tabel 13. Effect van spuitvolume en doctype op de onkruidbestrijding in tarwe (naar Debroize & Denoirjean, 2000)

Spuitvolume [l/ha]	doctype	druk	Bestrijdingseffect [%]
80	API110015	1.8	57.5
	ADI110015	1.8	62.5
	XR8002	1.1	58.8
	TT110015	1.9	55.0
	TD11001	4.1	67.5
170	API11003	2	67.5
	ADI11003	2	70.0
	XR11004	1.2	76.3
	TT11003	2.1	56.3
	TD11002	4.6	75.0
			LSD=12.8

De gebruikte doptypen waren standaard spleetdoppen (Albuz API, Teejet XR), voorkamer spleetdop (Albuz ADI), een kets-spleetdop (Teejet TT) en een venturi-spleetdop (Albuz Turbo Drop). Rijsnelheid was 7 km/u en spuitboomhoogte was 50 cm boven een graangewas van 30 cm hoog.

De TT doppen leken een lagere effectiviteit te hebben (Tabel 13). Er was echter geen significant verschil tussen doptypen aantoonbaar.

Door Powell *et al.* (2002) werd onderzocht of er een kritische ondergrens is aan de grootte van onkruid in relatie met de druppelgrootte. Met name venturi-spleetdoppen produceren een dusdanig grof druppelgroottespectrum dat kleine doel (onkruid kiemplant) niet geraakt kunnen worden. Het effect van doptype op de bestrijding van duist en raaigras werd onderzocht. Een serie venturi-spleetdoppen met een fijn, middel en grof druppelgroottespectrum werd vergeleken met een standaard spleetdop. De spuitdoppen Billerica BubbleJet, Hardi Injet en Sprays International PneuJet, hadden allen een afgifte van 0,8 l/min bij 3 bar spuitdruk. Raaigras (*Lolium perenne*) werd bij de groeistadia (1-1,5, 3-4 en 5-6 blaadjes) bespoten met clodinafop-propargyl.

Tabel 14. Berekende ED₉₀-dosis van clodinafop-propargyl (g ai/ha) bij bestrijding van raaigras afhankelijk van groeistadia en doptype (naar Powell *et al.* 2002)

doptype	Raaigras (bladstadia)		
	1-1,5	3-4	5-6
BubbleJet 02	34.4	18.9	25.5
Injet 02	34.4	23.7	17.6
PneuJet 02	38.6	21.4	25.4
Standaard spleetdop	20.9	13.0	17.9

Het lijkt dat voor de gekozen doptypen het 3-4 bladstadium optimaal is voor de bestrijding van raaigras (Tabel 14). De drie venturi-spleetdoppen hadden een significant hogere dosering nodig dan de standaard spleetdop onafhankelijk van het groeistadium van het raaigras.

Duist werd in de groeistadia 1 blad en 2-3 bladeren bespoten met 2,5 l/ha en 1,25 l/ha Hawk+olie (Tabel 15). De volle dosering gaf doorgaans een betere bestrijding van duist dan de halve dosering. Voor ieder doptype gold dat de duist beter bestreden werd in het 2-3 blad stadium dan in het 1 blad stadium. Met name in de 50% dosering was duidelijk dat de venturi-spleetdoppen achterbleven in bestrijdingseffect. Van deze doppen gaf de BubbleJet 02 nog de beste resultaten wat waarschijnlijk komt door het aanzienlijk fijnere druppelgroottespectrum van deze dop in vergelijking met beide andere venturi-spleetdoppen.

Tabel 15. Onkruidbestrijdingseffect (%) van duist in verschillende groeistadia afhankelijk van doptype en dosering Hawk+olie (100% = 2,5 l/ha) (naar Powell *et al.* 2002)

doptype	Duist bestrijding (%)				
	1 blad	1 blad	2-3 bladeren	2-3 bladeren	Gem.
	100%	50%	100%	50%	
BubbleJet 02	99	95	99	97	97
Injet 02	96	89	99	93	94
PneuJet 02	96	91	99.5	96	95
Standaard spleetdop	98	96	100	99	98

McWhorter & Hanks (1993) onderzochten het effect van spuitvolume en spuitdruk op de bestrijding van Johnsongras met fenoxaprop, fluazifop/fluazifop-P, haloxyfop en quizalofop (Tabel 16). Een spuitvolume van 94 l/ha werd uitgebracht met 8001 of 8002 spuitdoppen bij een spuitdruk van respectievelijk 3,45 en 1,38 bar. Een spuitvolume van 374 l/ha werd uitgebracht met 8005 of 8008 spuitdoppen bij een spuitdruk van respectievelijk 3,45 en 1,38 bar. De rijsnelheid was 6.9 km/u.

Tabel 16. Effect van spuitvolume, dootype en spuitdruk op de bestrijding van Johnsongras in soja met 5 verschillende herbiciden (naar McWhorter & Hanks, 1993)

herbicide	Dosis [kg/ha]	Spuitvol- ume l/ha]	dootype	Druk [bar]	Onkruidbestrijding [%]		Opbrengst [kg/ha]
					3 wk	10 wk	
Sethoxydim	0.28	94	8001	3.45	90	69	2060
Sethoxydim	0.28	94	8002	1.38	81	54	1870
Sethoxydim	0.28	374	8005	3.45	86	61	1980
Sethoxydim	0.28	374	8008	1.38	79	47	1790
Quizalofop	0.14	94	8001	3.45	96	89	2600
Quizalofop	0.14	94	8002	1.38	92	82	2330
Quizalofop	0.14	374	8005	3.45	96	86	2540
Quizalofop	0.14	374	8008	1.38	92	80	2270
Fluazifop	0.14	94	8001	3.45	88	74	2230
Fluazifop	0.14	94	8002	1.38	82	61	1980
Fluazifop	0.14	374	8005	3.45	86	71	2160
Fluazifop	0.14	374	8008	1.38	80	63	1990
Fenoxaprop	0.14	94	8001	3.45	88	68	2150
Fenoxaprop	0.14	94	8002	1.38	84	60	2020
Fenoxaprop	0.14	374	8005	3.45	87	66	2090
Fenoxaprop	0.14	374	8008	1.38	81	56	1950
Haloxyfop	0.14	94	8001	3.45	92	86	2390
Haloxyfop	0.14	94	8002	1.38	86	78	2130
Haloxyfop	0.14	374	8005	3.45	92	82	2270
Haloxyfop	0.14	374	8008	1.38	87	75	2100
			LSD(0.05)		9	15	320
gem				3.45	90	75	2250
gem				1.38	84	66	2040
gem		94			87	68	2110
gem		374			88	72	2180
			LSD(0.05)		3	5	100

De hogere spuitdruk gaf gemiddeld een betere bestrijding van Johnsongras dan de lage spuitdruk. Een fijner druppelgroottespectrum gaf een betere biologische effectiviteit. Gemiddeld was er geen verschil in bestrijdingseffect tussen de spuitvolumes.

McMullan (1995) onderzocht het effect (Tabel 17) van spuitvolume, dootype (tophoek) en spuitdruk op de bestrijding van (wilde)haver met een halve dosering van de herbiciden sethoxydim (100 g ai/ha) en fenoxapro-*p*-ethyl (46 g ai/ha). Spuitvolumes varieerden tussen 100 en 25 l/ha en werden gerealiseerd met 8001 of 11001 spuitdoppen door de rijsnelheid te variëren (de gebruikte rijsnelheden werden niet vermeld). Een vergelijking werd gemaakt met de standaard toepassing 100 l/ha met een 8002 en 11002 spuitdop (2,75 bar).

Tabel 17. Effect van spuitvolume, doctype (tophoek) en spuitdruk op de onkruidbestrijding van (wilde)haver met Sethoxydim en fenoxapro-*p*-ethyl (naar McMullan, 1995)

Spuut-Volume [l/ha]	doctype	Spuut-druk [bar]	Sethoxydim			fenoxapro- <i>p</i> -ethyl			
			1991	1993-1	1993-2	1991	1992	1993-1	1993-2
25	8001	1.0	90	24	40	91	25	45	6
50	8001	1.0	55	12	19	87	57	36	30
100	8001	1.0	73	14	9	87	46	40	21
25	8001	4.0	85	29	51	95	46	70	34
50	8001	4.0	90	22	20	92	48	37	56
100	8001	4.0	58	14	11	85	51	35	65
25	11001	1.0	76	31	23	93	46	40	75
50	11001	1.0	81	14	37	93	43	43	40
100	11001	1.0	84	7	4	91	37	40	24
25	11001	4.0	90	41	38	93	58	79	40
50	11001	4.0	88	26	30	93	44	54	73
100	11001	4.0	79	38	8	91	51	56	57
100	8002	2.75	86	36	12	94	46	60	50
100	11002	2.75	87	13	9	90	45	70	68

In 3 van de 7 experimenten was de bestrijding van haver beter met de 110° tophoek spuitdoppen dan met de 80° tophoek (Tabel 17). De biologische effectiviteit van beide herbiciden was hoger bij de hoogste spuitdruk (4 bar ipv 1 bar). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de fijnere nevel bij hogere drukken. De werking van sethoxymid nam toe bij afnemend spuitvolume van 100 l/ha naar 25 l/ha. De werking van fenoxapro-*p*-ethyl op haver verschillende niet voor deze spuitvolumes. Een toename van de rijnsnelheid en daardoor lagere spuitvolumes gaf dus geen verlies aan werkzaamheid van de gebruikte middelen.

Humble & Burga (2001) melden het effect van spuitvolume (100,200,300 l/ha) op de effectiviteit van paraquat (200 g ai/ha), bentazon (540 g ai/ha) en glyfosaat (676.8 AE g/ha) op *Ipomea grandiflora* (Tabel 18). 30 dagen na behandeling met glyfosaat (Roundup) gaf een spuitvolume van 100 l/ha een duidelijk betere werking dan 300 l/ha. Bij paraquat en bentazon gaf een spuitvolume van 300 l/ha juist een betere werking dan 100 l/ha. Melding wordt gemaakt van het aanpassen van spuitdoppen en drukken voor de verschillende spuitvolumes. Welke doppen en drukken gebruikt zijn wordt niet vermeld.

Tabel 18. Effect van spuitvolume op *Ipomea grandiflora* door een bespuiting met paraquat, bentazon en glyfosaat (naar Humble & Burga, 2001)

middel	Spuitvolume [l/ha]			LSD (P=0.05)
	100	200	300	
Paraquat	72	78	83	2,9
Bentazon	65	92	93	2,9
Glyfosaat	87	83	67	3,6

Wood *et al.* (1995) beschrijven het effect van clodinafop-propargyl (Topic 240EC) op de bestrijding van duist met verschillende spuittechnieken (Tabel 18). Spuitvolumes varieerden van 70 tot 400 l/ha.

Tabel 18. Door Wood *et al.* (1995) gebruikte spuitdoppen en volumes waren

Spuitvolume [l/ha]	fabrikant	doptype	druppelgrootte	Spuitdruk [bar]
70	Cleanacres	Airtec	Fijn	2,5 –20 psi lucht
70	Cleanacres	Airtec	Middel	2,0 –15 psi lucht
100	Teejet	11002	Fijn	2,4
100	Teejet	DG11002	Middel	2,3
200	Teejet	11003	Fijn	2,4
200	Teejet	XR11004	Middel	2,4
200	Teejet	TT11004	Grof	2,4
400	Teejet	TJ11004	Fijn	2,7

Bespuiting vond plaats in tarwe (GS32) en de onkruidichtheid was 0-30 planten/m². Zij vonden een hogere depositie van gewasbeschermingsmiddel op het onkruid bij de lagere spuitvolumes en de fijnere nevels. De bestrijding was voor alle spuittechnieken goed. De bestrijdingssymptomen traden bij de lagere spuitvolumes en de fijnere druppelgroottes eerder op.

Mogelijke oorzakelijke relaties

Voorgaande inventarisatie laat zien dat doptype, watervolume, druppelgrootte en hulpstof de effectiviteit van een onkruidbestrijding met herbicide sterk kunnen beïnvloeden. Een alomvattend model ter verklaring van de waarnemingen is nog niet beschikbaar. Wel is duidelijk dat een fijne druppel de hechting van de spuitdruppels aan planten bevordert, omdat grote druppels met hun grotere kinetische energie eerder afketsen. Hulpstoffen en formuleringen kunnen druppelgrootte en de dynamische oppervlaktespanning en daardoor de hechting beïnvloeden. Druppelgrootte en hulpstoffen/formuleringen kunnen tevens de opname in het blad sterk verhogen of verlagen. Tegengestelde effecten op hechting en opname kunnen elkaar neutraliseren. Inzicht in de onderliggende resultaten en verdere optimalisatie zal tot werkbare verbeteringen leiden.

3.1.2 Insecticiden

Knott (1995) onderzocht het effect van spuitvolume en druppelgroottespectrum op de biologische effectiviteit van insecticiden in een erwten- en een bonengewas. Met een spuitvolume van 100 (4110-12) en 200 l/ha (4110-14) werden bespuitingen uitgevoerd met Deltamethrin/heptenophos tegen luizen en larven van de erwten mot. Er werd geen effect geconstateerd van spuitvolume en druppelgroottespectrum.

Gaskin *et al.* (2001) onderzochten het effect van spuitvolume, dooptype en toevoegmiddel op de werking van endosulfan op thrips in uien (Tabel 19). Een spuitvolume van 500 l/ha (standaard) werd uitgebracht met XR11004 spuitdoppen (2,2 bar) en een spuitvolume van 200 l/ha met 4110-24 spuitdoppen (4 bar). Als additieven werden Citowett (standaard), BondXtra en Du-Wett toegevoegd. Ten opzichte van de standaard 500 l/ha had het 200 l/ha spuitvolume geen nadelig effect op de bestrijding van thrips in uien.

Tabel 19. Effect van spuitvolume en toevoegmiddel op de bestrijding (endosulfan) van thrips (aantal/plant 4 dagen na behandeling) in uien (naar Gaskin *et al.*, 2001).

Spuitvolume [l/ha]	dooptype	additief	Dosering ml/ha]	thrips		Opbrengst [ton/ha]
				volwassen	poppen	
500	XR11004	Citowett	350	0.03	0.10	85.3
200	4110-24	BondXtra	330	0.03	0.18	83.0
200	4110-24	BondXtra	660	0.03	0.13	82.4
200	4110-24	Du-Wett	200	0.07	0.22	83.7
200	4110-24	Du-Wett	400	0.04	0.04	83.3

3.1.3 Fungiciden

3.1.3.1 Druppelgrootte

Door Porskamp *et al.* (2002) zijn de druppelgroottespectra van water, van water met fluazinam en drie additieven en van water met drie additieven gemeten. De metingen zijn uitgevoerd met drie typen doppen: standaard spleetdop (XR11002), voorkamer spleetdop (DG11002) en een venturi spleetdop (ID12002). Het met het PDPA-systeem gemeten druppelgroottespectrum van de XR11002, de DG11002 en de ID 12002 spuitdoppen verschilt onderling sterk. Het volumepercentage druppels kleiner dan 100µm bedraagt in water bij de XR11002 dop 18%, bij de DG11002 dop 6,8% en bij de ID12002 dop 1,3%.

Door het aan water toevoegen van fluazinam (Shirlan Flow) alleen en fluazinam met de additieven Agroc 010, raapzaadolie met de emulgator Lutasol RZ05 en Helena HM-2052 wordt de oppervlaktespanning aanzienlijk verlaagd. Door het toevoegen van fluazinam aan de spuitvloeistof verandert het druppelspectrum vrijwel niet. Raapzaadolie en het op minerale olie gebaseerde HM-2052 veroorzaken i. h. a. een grovere druppel. Het extra toevoegen van het additief Agroc 010 aan de fluazinam-oplossing heeft bij de XR11002 en de DG11002 dop geen invloed op het spectrum. Bij de ID12002 dop ontstaan door het toevoegen van Agroc 010 luchtbelletjes in de druppels en kan met het PDPA-systeem niet betrouwbare worden gemeten.

Zande *et al.* (2001) laten zien dat zelfs bij fijne druppels geproduceerd met een Low Volume Mister er effecten van de formulering op de druppelgrootte zijn. De VMD van kraanwater (30 µm) daalde met 20% tot 25µm bij een bespuiting met het fungicide imazalil (Fungaflor) en het insecticide deltamethrin (Decis). Soortgelijke effecten werden ook gevonden door Holterman *et al.* (1998) bij additieven toegevoegd aan water bij bespuitingen met een standaard spleetdop (XR11004), een driftarme kets-spleetdop (TT11004) en een venturi-spleetdop (ID110-03).

Hewitt (2000) maakt melding van het Dropkick -model waarin het effect van formulering en toevoegmiddelen op de druppelgrootte van spuitdoppen beschreven wordt (Tabel 20). Het model is specifiek voor spuitdoppen gebruikt bij vliegtuigbespuitingen in relatie met de driftpotentie. Hewitt (2001) stelt dat dispersies in het algemeen geen effect hebben op het druppelgroottespectrum. Emulsies geven een grover spectrum door het eerder opbreken van het vlies wanneer de oplossing de spuitdop verlaat. Er ontstaat dan ook een nauwer druppelgroottespectrum. Voor een 8002 spuitdop werd het effect van aan water toegevoegde stoffen op het druppelgroottespectrum weergegeven. De Volume Mediane Diameter VMD kon met 20% veranderen. Ook de verhouding tussen kleinste en grootste druppels (SPAN) veranderde door de oplossingen.

Hewitt (2001) concludeerde dat als gevolg van de formulering het druppelgroottespectrum dusdanig kan veranderen dat de spuitdop in een klasse hoger of lager geklassificeerd kan worden volgens het classificatiesysteem van Southcombe *et al.* (1997) dan op basis van een meting met water. Het effect van de formulering en toevoegmiddelen aan de tankmix kan voor de verschillende typen spuitdoppen verschillend zijn. Voor advisering over dit onderwerp naar de praktijk is meer informatie nodig. Met name de relatie tussen de fysisch-chemische eigenschappen van de spuitvloeistof en het druppelspectrum verdient meer aandacht. Uiteindelijk zou dit moeten leiden tot een model dat een zekere

voorspellende waarde heeft. Voordeel zou zijn, dat niet voor elke specifieke situatie een druppelspectrum moet worden bepaald.

Tabel 20. Druppelgrootte (Volume Mediane Diameter; μm) en relatieve SPAN van verschillende klassen vloeistoffen bij bespuiting met een 8002 spleetdop (naar Hewitt, 2000)

materiaal	Type spuitvloeistof	VMD (μm)	Relatieve SPAN
Water	Standaard	198	1.45
Bentoniet	dispersie	194	1.55
Kaolinet	dispersie	201	1.50
Calcium carbonaat	dispersie	202	1.48
Gehydrateerde silica	dispersie	197	1.48
EC formulering	Emulsie aromatisch oplosmiddel	238	1.15
Sun-It 11	Emulsie olie blend	232	1.12
Methyl canolaat	Emulsie plantaardige olie	235	1.16
Silwet L-77	Emulsie silicone uitvloeier	224	1.20
C13 EO3	Emulsie onoplosbare uitvloeier	238	1.12
C13 EO6	Emulsie onoplosbare uitvloeier	212	1.17
C13 EO9	Oplosbare uitvloeier	132	1.86
C13 EO12	Oplosbare uitvloeier	137	1.79
C10 EO6	Oplosbare uitvloeier	140	1.84

3.1.3.2 Biologische effectiviteit

Granen

Barber *et al.* (2003) rapporteren onderzoek naar het effect van druppelgroottespectrum van verschillende spuitdoppen op de werkzaamheid van verschillende middelen tegen meeldauw in gerst (Tabel 21). Zij onderzochten bij een spuitvolume van 200 l/ha het effect van zwavel, epoxiconazole, en prochloraz in een adviesdosering en een halve dosering. Gebruikte doptypen waren XR110015, XR11004, XR11006 en AI110025. Deze doptype hadden bij de gebruikte drukken respectievelijk een fijn, middel, grof en zeer grof druppelgroottespectrum (volgens klassificatie van Southcombe *et al.* 1997).

Tabel 21. Gemiddeld effect van twee fungiciden op de bestrijding van meeldauw in gerst met verschillende doptypen (200 l/ha) (naar Barber *et al.*, 2003)

doptype	Spuitdruk [bar]	Rijsnelheid [km/u]	Fijnheid nevel	Relatieve infectie [%]	
				1999	2000
XR110015	4	4	Fijn	8.74	21.93
XR11004	2	8	Middel	8.54	21.83
XR11006	1	8	Grof	10.22	22.38
AI110025	3	6	Zeer grof	11.12	-
			LSD(0.001)	1.285	

Het effect van de gewasbeschermingsmiddelen werd significant beïnvloed door de gebruikte doptypen. Een fijn en middel druppelgroottespectrum gaf een duidelijk betere werking dan de grove spectra en zeer grove spectra van de venturi-spleetdop bij zowel de volle als de halve dosering.

Zande *et al.* (1994) heeft gedurende drie teeltseizoenen het effect van spuitvolume onderzocht bij ziektebespuitingen in tarwe. De biologische effectiviteit werd in een veldproef gemeten bij doseringstrappen tussen 0 en 100%. De gebruikte middelen waren fenpropimorf en prochloraz toegediend als 1 l/ha Corbel + 0,5 l/ha Sportak in 1991 en 1,75 l/ha Sportak Delta in 1992 en 1993 (100%). Spuitvolumes waren 100 l ha⁻¹ en 200 l ha⁻¹. Er werd gespoten met 4110-18 doppen bij 1,7 bar (200 l ha⁻¹) en met 4110-12 doppen bij 1,4 bar (100 l ha⁻¹) op een Hardi Twin spuit. In het wintertarwegewas werd de depositie gemeten. De biologische effectiviteit van de bespuiting werd vastgelegd door het bladoppervlak bedekt met bruine roest (*Puccinia recondita*) en bladvlekkenziekte (*Septoria tritici*) op drie bladniveau's te meten. Significante verschillen werden gevonden tussen de doseringen. Een spuitvolume van 200 l ha⁻¹ resulteerde in een betere ziektebestrijding dan 100 l ha⁻¹.

Marshall *et al.* (2000) onderzochten het effect van spuitvolume, dooptype en rijnsnelheid op de effectiviteit van een strobilurin fungicide op *Septoria tritici* in tarwe (GS37-39). Onderscheid werd gemaakt tussen standaard (Lurmark F110/02, F110/04) en venturi-spleetdoppen (DB03F120, DB06F120) bij een rijnsnelheid van 8 en 16 km/u. Dit resulteerde in spuitvolumes van 50, 100 en 200 l/ha. Scores van de ziekte aan het eind van het groeiseizoen gaven geen significante verschillen in aantasting tussen de behandeling. De korrelopbrengst liet wel verschillen zien. Hierbij was de opbrengst van de DB03F120 zowel bij 100 als bij 200 l/ha (resp 16 en 8 km/u) hoger dan van de standaard spleetdoppen. De opbrengst van de grovere DB06F120 (200 l/ha bij 8 km/u) bleef duidelijk achter. Bedenkingen werden geuit over het gebruik van venturi-spleetdoppen groter dan de 03's voor het gebruik van fungiciden in graan. Een verlaging van het spuitvolume gaf een relatief hogere spuitvloeistof depositie in het gewas. Een toename van de rijnsnelheid van 8 naar 16 km/u gaf vooral een relatief hogere depositie bovenin het gewas, vooral bij een spuitvolume van 200 l/ha en het gebruik van grotere dooptypen (06's).

Aardappelen

Robinson *et al.* (2000) vergeleken het effect van fijnheid van de spuitdop en hoek van de spuitdop op de bescherming tegen *Phytophthora infestans* in aardappelen (Tabel 22). Gespoten werd met een spuitvolume van 200 l/ha. Gebruikte doppen waren een standaard spleetdop (Lurmark F11004) een fijne en een middel tweewaaier-spleetdop (twincap; TC-F11002, TC-F11002LD) en een enkele dop in een twincap die naar achter spoot (F11004). De bespuiting werd uitgevoerd met een mancozeb + matalaxul-M mengsel (Fubol Gold). Tijdens de bespuitingen werd geen aantasting met *Phytophthora* vastgesteld. Na beëindigen van de bespuitingen kwam een eerste aantasting in de standaard behandeling, vervolgens in de twincap behandelingen en het laatst in de eendops naar achter spuitende behandeling.

Tabel 22. Effect van spuitdop, hoekverdraaiing van de dop en druppelgroottespectrum op de bescherming tegen *Phytophthora infestans* in aardappelen (naar Robinson *et al.*, 2000)

Spuitvolume [l/ha]	doptype	Druk [bar]	% ziekte in blad (dagen na behandeling)		
			31 dnb	37 dnb	44 dnb
200	F11004 verticaal	2.25	10	50	85
200	Twincap F11002(2*)	2.35	5	15	55
200	Twincap F11002LD(2*)	2.35	5	15	55
200	Twincap F11004 achter	2.35	2	10	40

Alle drie de behandelingen met een dopverdraaiing (Tabel 22) gaven een betere effectiviteit dan de standaard (F11004). Tussen beide twincaps was er ondanks een verschil in druppelgrootte geen verschil in bescherming tegen *Phytophthora*.

Bij de bestrijding van *Phytophthora infestans* in aardappel gaven bespuitingen met maneb/fentinacetaat of fluazinam en driftarme doppen een vergelijkbare effectiviteit als standaard doppen (Schepers & Meier, 2001). Het toevoegen van een extra uitvloeier (Zipper) gaf geen verbetering (Tabel 23). De bespuitingen werden uitgevoerd met spuitvolumes van 300, 150 en 100 l/ha. De gebruikte doptypen waren standaard spleetdoppen (XR11004 en XR11002) en driftarme spleetdoppen (AI11004, AI11002, DB015F120).

Tabel 23. Effect van spuitvolume en doptype op de bescherming tegen *Phytophthora infestans* (score PD-schaal op eind groeiseizoen) in aardappelen bij een bespuiting met 2,5 kg maneb/fentinacetaat en 0,3 l/ha fluazinam (naar Schepers & Meier, 2001)

Spuitvolume [l/ha]	doptype	Maneb/fentinacetaat	fluazinam
300	XR11004	6.1c	7.6bc
300	AI11004	5.4bc	8.1c
150	XR11002	6.8c	7.5abc
150	AI11002	6.4c	8.1c
100	DB015F120	-	7.4abc

Zande *et al.* (1999) beschrijven het effect van de bespuiting met een fungicide op de bestrijding van *Phytophthora infestans* in aardappelen. Als middelen werden in 1991 gebruikt 3-4 kg/ha cymoxanil/mancozeb 2.6/60% (Topper) en 2.5 kg/ha cymoxanil/mancozeb 4.5 / 65% (Turbat) in 1992 en 1993. De gebruikte spuittechnieken waren een fijne spuitdop (4110-12) voor een spuitvolume van 150 l/ha en een middel spuitdop (4110-18) voor een spuitvolume van 300 l/ha (Tabel 24). De doseringen varieerde tussen 100%, 75%, 50%, 37,5% and 25%.

Tabel 24. Gebruikte spuittechnieken bij de bestrijding van *Phytophthora infestans* in aardappelen (naar Zande *et al.*, 1999)

dop type	druk (kPa)	spectrum (BCPC)	rijnsnelheid (km/u)	Volume (l ha ⁻¹)
4110-12	310	Fijn	6.0	150
4110-18	340	Middel	5.6	300

De verlaging van het spuitvolume van 300 l/ha naar 150 l/ha had geen effect op de controle van de *Phytophthora infestans*.

Uien en Bloembollen

Koster *et al.* (1999) rapporteren resultaten van onderzoek naar het effect van venturi-spleetdoppen op de bestrijding van *Botrytis* (vuur) in bloembollen. De bespuitingen werden in tulpen uitgevoerd met fluazinam (Shirlan) en in lelies met Allure. Er werd twee jaar met een handspruit gespoten met een spuitvolume van 500 l/ha en 1 jaar met een trekspuit met spuitvolume 300 l/ha. De gebruikte doptypen waren een XR11004 als standaard spleetdop en een ID12004 als venturi-spleetdop. De werking van fungiciden werd met grove druppels ook in combinatie met het vuurwaarschuwingssysteem getoetst in tulp, lelie en gladiol. Spuiten van grove druppels met ID-doppen had bij de bestrijding van vuur in tulpen en lelies een gelijkwaardig resultaat als het gebruik van standaard spleetdoppen.

Alleen in gladiool werden met de venturidoppen tegenvallende resultaten van fungiciden gevonden (PPO-bloembollen).

Het effect van spuitvolume op de bestrijding van bladvlekkenziekte (*Botrytis squamosa*) in uien wordt beschreven door Zande *et al.* (1996). Een spuitvolume van 200 l ha⁻¹ werd uitgebracht met 4110-12 spuitdoppen bij een druk van 2,5 bar en een rijsnelheid van 4 km/u. 100 l ha⁻¹ werd met dezelfde dopinstelling gespoten maar met een rijsnelheid van 8 km/u. Er werd met chloorthalonil/mancozeb (Daconil M 2 kg/ha) gespoten in doseringstrappen van 1-100%. Een spuitvolume van 200 l ha⁻¹ gaf een betere bestrijding van bladvlekkenziekte dan 100 l ha⁻¹.

Bij de bestrijding van schimmelziekten in ui (*Peronospora destructor* & *Botrytis squamosa*) is het blad veel moeilijker te bedekken met spuitdruppels dan bij aardappel (Schepers & Meier, 2001). De bespuiting (200 l/ha) met de gewasbeschermingsmiddelen chloorthalonil/mancozeb en Kresoxim-methyl/mancozeb werd met een standaard spleetdop (XR11003) en een driftarme spuitdop (AI11003) uitgevoerd (Tabel 25). Hierbij trad effectiviteitsverlies op bij het gebruik van driftarme doppen. Ook werd een uitvloeier Zipper toegevoegd. Zowel bij de niet driftarme- als de driftarme dop kan de effectiviteit verbeterd worden door toevoegen van een extra uitvloeier (Zipper).

Tabel 25. Effect van spuitdop, gewasbeschermingsmiddel en uitvloeier op de bestrijding van meeldauw en bladvlekkenziekte in uien (naar Schepers & Meier, 2001)

doptype	Gewasbeschermingsmiddel	meeldauw		botrytis	
		Aantasting (bladeren/8.1 m ²)	Opbrengst [ton/ha]	Aantasting (lesies/plant)	Opbrengst [ton/ha]
XR11003	chloorthalonil/mancozeb	12.5b	64.5ab	822c	82.5abc
XR11003	chloorthalonil/mancozeb + Zipper	0.5a	65.1ab	271a	84.2bcde
AI11003	chloorthalonil/mancozeb	5.2ab	65.0ab	679cd	82.1ab
AI11003	chloorthalonil/mancozeb+ Zipper	0.7 ab	64.6ab	553bc	83.6bcd
XR11003	Kresoxim-methyl/mancozeb	2.2 ab	68.3d	391ab	87.8f
XR11003	Kresoxim-methyl/mancozeb+ Zipper	2.0 ab	65.7abcd	377ab	85.8cdef
AI11003	Kresoxim-methyl/mancozeb	0.7 ab	67.9cd	316a	86.7def
AI11003	Kresoxim-methyl/mancozeb+ Zipper	2.0 ab	66.4bcd	377ab	86.6def
	onbehandeld			1568e	79.2a

Gaskin *et al.* (2001) onderzochten het effect van spuitvolume, doptype en toevoegmiddel op de werking van mancozeb op meeldauw in uien (Tabel 26). Een spuitvolume van 500 l/ha (standaard) werd uitgebracht met XR11004 spuitdoppen (2,2 bar) en een spuitvolume van 200 l/ha met 4110-24 spuitdoppen (4 bar). Als additieven werden Citowett

(standaard), BondXtra en Du-Wett toegevoegd. Ten opzichte van de standaard 500 l/ha had het 200 l/ha spuitvolume geen nadelig effect op de bestrijding van meeldauw in uien.

Tabel 26. Effect van spuitvolume en toevoegmiddel op de bestrijding (mancozeb) van meeldauw in uien (naar Gaskin *et al.*, 2001).

Spuitvolume [l/ha]	dootype	additief	Dosering ml/ha]	meeldauw		Opbrengst [ton/ha]
				Frequentie %	Bladoppervla k %	
500	XR11004	Citowett	350	32	4.6	85.3
200	4110-24	BondXtra	330	33	2.7	83.0
200	4110-24	BondXtra	660	30	3.0	82.4
200	4110-24	Du-Wett	200	34	4.0	83.7
200	4110-24	Du-Wett	400	29	3.2	83.3

Overige gewassen

Knott (1995) onderzocht het effect van spuitvolume en druppelgroottespectrum op de biologische effectiviteit van fungiciden in een erwten en een bonen gewas. Met een spuitvolume van 100 (4110-12) en 200 l/ha (4110-14) werden bespuitingen uitgevoerd met vinclozin tegen *Botrytis cinerea* en metalaxyl/chloorthalonil tegen meeldauw (*Peronospora viciae*). Tegen *Botrytis* werd met een spuitvolume van 200 l/ha een betere bestrijding bereikt dan met 100 l/ha. Tegen meeldauw werd geen effect geconstateerd van spuitvolume en druppelgroottespectrum.

3.2 Biologische effectiviteit en waterkwaliteit

3.2.1 Herbiciden

Ruiter & Lotz (2003) en Ruiter *et al.* (2001) beschrijven het nadelig effect van hard water op de effectiviteit van glyfosaat. Afhankelijk van de hardheid kan de effectiviteit van glyfosaat met 10 tot 25% afnemen. Calcium ionen kunnen met glyfosaat-moleculen een 1:1 complex vormen. Door deze complexvorming wordt de opname van glyfosaat in de plant gehinderd, en is er minder beschikbaar om in de onkruiden actief te zijn. Door minimaal dezelfde concentratie (mol/l) ammoniumsulfaat toe te voegen aan de tankoplossing kan het calciumeffect opgeheven worden. Ook Gauvrit *et al.* (2000) gaven aan dat een 1:1 verhouding van Ca^{2+} en glyfosaat de beste voorspelling geeft voor de afname in glyfosaat activiteit.

Oxley *et al.* (1998), Gauvrit (1999) en Blondot (ITCF???) hebben de gevoeligheid van herbiciden voor de hardheid van spuitwater onderzocht. Zij onderzochten de invloed van hard water op de werking van: clopyralid, cléthodim, cycloxydim, clodinafop-propargyl, diclofop-methyl, fenoxaprop-ethyl, isoproturon, quinozalofof-ethyl, flupyrsulfuron, metsulfuron-methyl, glufosinaat, glyfosaat en sulfosaat. In bijlage A worden beknopt de resultaten van deze onderzoeken weergegeven.

Uit het Franse onderzoek (Gauvrit, 1999) blijkt dat hardheid van water alleen invloed heeft op glyfosaat en sulfosaat toegepast in lage doseringen. Bij sommige formuleringen van deze actieve stoffen treedt dit niet op. Oxley *et al.* (1998) stelden dat, ondanks kleine verschillen in de kas, er in het veld wel grote verschillen konden optreden. Naast hardheid en pH had ook spuitvolume (concentratie van de actieve stof) invloed op de effectiviteit. Vooral voor het ontwikkelen van adviesystemen kan dit van invloed zijn. In Frankrijk werden de onderzoeksresultaten in veldproeven getest, zodat voorlichtingsdiensten daar gebruik van konden maken.

Voor verder onderzoek werd voorgesteld om per pesticidegroep uit te zoeken welke factoren m.b.t. de waterkwaliteit het meest consistente effect hebben op de activiteit van het pesticide.

Dat dit van belang is blijkt ook uit het onderzoek van Nalewaja & Matysiak(1991). Zij voegden glyfosaat aan verschillende zoutoplossingen toe. De pH van deze oplossingen was nagenoeg gelijk. Het bleek dat een verminderde werking van glyfosaat daar niet van afhing, maar wel welk anion (positief geladen ion) aan het glyfosaat-ion kon binden. Het meeste onderzoek is tot nu trouwens gericht geweest op glyfosaat.

De Villiers *et al.* (1996) beschrijven het effect van verschillende zouten op de werking van glyfosaat. De zouten CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en CaSO_4 beïnvloeden de werking van glyfosaat. Een effect van CaCl_2 begint bij 3mM en heeft een maximum effect bij 30mM. De effectiviteit van glyfosaat daalde dan met 48%. Voor $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ was dit resp. 4mM en 30mM en daalde de effectiviteit met 51%. Voor MgCl_2 was er een eerste effect op werking merkbaar bij 6mM, en een maximale reductie in effectiviteit (35%) werd gevonden bij 30mM. CaSO_4 gaf alleen bij 30mM een reductie van 27% in biologische effectiviteit. De zouten KCl, KHCO_3 , NaCl en NaHCO_3 hadden in de concentratie-reeks 1mM-8mM en 30mM geen effect op de werking van glyfosaat (35 g ai/ha).

Zeeland *et al.* (2002) hebben in een kasproef de invloed van hardheid en pH op de werking van de middelen bentazon (Basagran) en metsulfuron-methyl (Ally) tegen resp. melganzevoet en muur onderzocht. De hardheid van het water werd verkregen door

water van vijf pompstations in Zuid Limburg te gebruiken (3,5, 7,5, 12,9, 17,5 en 22,4 °DH) en door aan demiwater CaCl_2 in verschillende hoeveelheden toe te voegen (5, 10, 15 en 20°DH). De invloed van de pH werd onderzocht door demiwater zuur te maken met zwavelzuur (pH 4) en basisch door toevoegen van natronloog (pH 10). Als referentie werd demiwater gebruikt met een pH van 7.

De invloed van de hardheid van het spuitwater op de werking van bentazon (Basagran) was zeer gering. Zowel bij zeer lage als bij zeer hoge hardheid trad in een enkel geval een slechtere werking op ten opzichte van andere hardheidsklassen en demiwater. Basagran bleek ongevoelig voor de pH van het spuitwater. Zeeland *et al.* (2002) concluderen echter dat op basis van de gepresenteerde gegevens het bij het middel Basagran niet nodig lijkt maatregelen te nemen ten aanzien van pH en hardheid van water.

Voor metsulfuron-methyl (Ally) kan het gebruik van water met een hoge pH (bassin water met algengroei) tot een verminderd bestrijdingsresultaat leiden. Bij een hoge pH was de ED50 dosering enigszins hoger. Het toepassen van zeer zacht en basisch water (bassinwater) is af te raden. Er was geen logisch verband tussen de ED50 dosering en de hardheid van het water uit bronnen (natuurlijke water). Bij water waaraan CaCl_2 was toegevoegd nam de ED50 dosering toe naarmate de hardheid toenam. De samenstelling van het bronwater gaf geen aanknopingspunten voor een verklaring van dit verschil in reactie.

Er was bij zeer hard water uit de bron twee maal zoveel middel nodig als bij zacht water. Bij het gebruik van basisch spuitwater (pH 10) was een hogere dosering van Ally nodig om 50% afname van de biomassa (ED50) te krijgen.

De hardheden die in dit onderzoek werden meegenomen ($> 10^\circ\text{DH}$) komen in leidingwater niet voor. Oppervlaktewater en bassinwater hebben in het algemeen een lage hardheid en de pH kan sterk variëren.

Reeves (2003a, 2003b, 2003c) meldt het effect van de waterkwaliteit op de werking van verschillende herbiciden. Sommige herbiciden worden afgebroken in tankwater met een te lage pH ($\text{pH} < 7$). Met name de sulfonylureas als metsulfuron-methyl (Ally), Escort, Amber, thifensulfuron-methyl (Harmony Extra), tribenuron-methyl (Express) en nicosulfuron (Accent) als ze in de tank in aanraking komen met zuur water. Een hogere omgevingstemperatuur versterkt de afbraak. Door de opgeloste zouten in het tankwater en de hardheid van dit water, worden vooral herbiciden met een organisch zuur karakter zoals glyfosaat, sethoxydim (Poast, imazethapyr (Pursuit) en Liberty beïnvloed. De zes belangrijkste ionen in water zijn hierbij calcium, magnesium, natrium, sulfaat, chloride en bicarbonaat. Als de totale som van deze ionen groter is dan 500 mg/l (ppm) wordt de werking van tralkoxydim (Achieve), sethoxydim (Poast) en 2,4-D amine beïnvloed. Een indirecte methode om de ionen hoeveelheid vast te stellen is het elektrisch geleidbaarheid (EC) Als de EC lager is dan 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ is het onwaarschijnlijk dat de werking van het gewasbeschermingsmiddel beïnvloed wordt.

Ook kan de werking van herbiciden verlaagd worden door de aanwezigheid van zwevende deeltjes in het water. Met name kleideeltjes en organische stof in het water hebben effect op de werking van diquat (Reglone), paraquat (Gramoxone) en glyfosaat (Roundup). Dit effect kan overigens ook optreden als deze middelen op stoffige planten gespoten worden.

Door de keuze van formulering kan soms een gedeelte van het negatieve effect van bicarbonaat weggenomen worden. Door gebruik te maken van de LV ester formulering van 2,4-D of van MCPA-amine is de afbraak lager dan bij 2,4-D amine of MCPA. Ook het gebruik van hulpstoffen kan de inactivering van gewasbeschermingsmiddelen door antagonistische ionen beperken door deze ionen weg te vangen. Genoemde

toevoegmiddelen zijn Bronc, Cayuse Plus, Choice, Quest en Request. Ammoniumsulfaat wordt vooral gebruikt voor het compenseren van hard water effecten bij zwakzure herbiciden als glyfosaat, 2,4-D, imazthaphyr (Pusuit), sethoxydim (Poast) en bentazon (Basagran). De werking van ammoniumsulfaat zou tweeledig zijn. Door verlaging van de pH wordt een betere indringing van het middel in de plant gerealiseerd als de druppel op het blad ligt. Door het sulfaat treedt binding van de hardwater mineralen op. Ureum-ammonium nitraat wordt ook genoemd als effectief maar werkt minder goed dan ammoniumsulfaat. Het effect van hard water kan overigens ook op simpele wijze beperkt worden door het spuitvolume te verlagen (Reeves, 2003b). Hierdoor zijn er minder kationen in oplossing die een binding met het middel aan kunnen gaan en blijft er effectief meer actieve stof voor de bestrijding over.

De werkzaamheid van gewasbeschermingsmiddelen kan ook afnemen als verschillende middelen in de tank gemixt worden (Reeves, 2003c). Van de herbiciden imazamethabenz-methyl (Assert) en dicamba (Banvel) is bekend dat het mengsel een mindere werking geeft dan beide producten afzonderlijk gespoten. Veelal worden dit soort effecten bepaald door de temperatuur en pH van de tankoplossing en door de ingrediënten van de formuleringen. Het mengsel wordt instabiel en vormt kristallen, vlokken of andere neerslag. De oplossing mist daardoor een hoeveelheid werkzame stof en bovendien verstopt het filters en spuitdoppen. Bekende herbiciden met antagonistische effecten zijn:

- Diclofop (Hoelon) + phenoxy herbiciden (2,4-D, MCPA, Banvel (dicamba));
- Diclofop (Hoelon) + metribuzin (Sencor);
- imazamethabenz-methyl (Assert + clopyralid/2,4-D (Curtail) (Curtail-M formulering gaat wel goed). De toevoeging van Curtail verhoogt de pH van het mengsel waardoor Assert neerslaat.
- Sethoxydim (Poast) + 2,4-D, dicamba (Banvel), bomoxonyl (Buctril);
- Sethoxydim (Poast) + 2,4-D of glyfosaat in tankwater met hoge pH (hoog niveau bicarbonaat);
- Glyfosaat + 2,4-D + dicamba (Banvel).

Hierbij is overigens ook de volgorde van mixen belangrijk. Als er twijfel is aan de waterkwaliteit is het advies om mengsels van middelen te bereiden in de volgende volgorde

1. wettable Powder WP, flowables F, DF,
2. roeren, toevoegmiddelen toevoegen
3. vloeibare en oplosbare producten(SC)
4. emulsifiable concentrates (EC)
5. uitvloeier

Hartzler (2003) en Green & Cahill (2003) melden het effect van de pH van de tankoplossing op de biologische effectiviteit van Nicosulfuron. Door een toename van de pH van 4,3 naar 8,7 nam de oplosbaarheid van Nicosulfuron toe van 12% tot 100%. Bij de bespuiting van *digitaria sanguinalis* (harig vingergras) en *Xanthium* (stekelnoot) met een E8001SS spuitdop (140 l/ha; 2,4 bar) nam de bestrijding daardoor toe. De toename was mede afhankelijk van het gebruikte additief (Tabel 27).

De effecten voor stekelnoot waren groter dan voor large harig vingergras. Afhankelijk van de gebruikte uitvloeier was bij stekelnoot de toename in bestrijding door pH verhoging minimaal 30%.

Tabel 27 Effect van additief en zuurteregelaar op de pH van de tankmix en de effectiviteit van Nicosulfuron (17,5 g/ha en 70 g/ha) op de bestrijding van *digitaria sanguinalis* (harig vingergras) en *Xanthium* (stekelnoot) (% bestrijding) (naar Green & Cahill, 2003)

additief	zuurteregelaar	pH tankmix	% Nicosulfuron in oplossing	<i>digitaria sanguinalis</i>	<i>Xanthium</i>
geen	geen	4,6	12	3	9
	triethanolamine	8,7	100	0	24
NIS	geen	4,3	13	88	31
	triethanolamine	8,7	99	93	67
COC	geen	4,2	12	89	26
	triethanolamine	8,7	100	97	68
MSO	geen	4,2	13	96	41
	triethanolamine	8,7	100	96	93

Nalewaja & Matysiak (2001) geven aan dat door aan de spuitvloeistof additieven en zouten toe te voegen de pH van de oplossing verandert en daarmee de biologische effectiviteit van Nicosulfuron (Tabel 28, 29). Een spuitvolume van 80 of 240 l/ha werd uitgebracht op een spuitbaan in het laboratorium (doptype 650067; 2,7 bar) door de snelheid aan te passen. Een pH van 4 of 9 werd gerealiseerd door bij te titreren met zoutzuur of ammoniumhydroxide in gedestilleerd water. Als additieven werden een minerale olie, een methylated plantaardige olie, X-77 en Tween-20 gebruikt. De biologische effectiviteit van nicosulfuron werd geëvalueerd door *digitaria sanguinalis* te bespuiten en het vers gewicht twee weken na bespuiten te evalueren.

Tabel 28. Percentage reductie in versgewicht van *digitaria sanguinalis* door nicosulfuron (15 g/ha) en het effect van spuitvolume, zout, en olie additief (1 %) (naar Nalewaja & Matysiak, 2001)

zout	Petroleum olie			Methylated plantaardige olie		
		Spuitvolume [l/ha]			Spuitvolume [l/ha]	
	pH	80	240	pH	80	240
Geen	4.0	34	43	4.3	51	66
Natrium hydroxide	10.8	-4	11	11.0	42	61
Natrium bicarbonaat	7.8	5	15	7.9	47	61
Natrium chloride	4.0	40	60	4.0	62	68
Natrium sulfaat	4.2	57	63	4.3	66	68
Calcium hydroxide	11.9	-2	11	11.5	51	57
Calcium chloride	3.8	6	9	3.8	53	71
Calcium sulfaat	4.5	48	62	4.5	75	73
Magnesium sulfaat	4.2	60	63	4.2	50	64
Magnesium chloride	3.8	14	53	3.8	56	61
LSD 5%		8	8		8	8

Tabel 29. Percentage reductie in versgewicht van *digitaria sanguinalis* door nicosulfuron (15 g/ha) en het effect van spuitvolume, ammoniumzouten (0,15M), en de uitvloeiers X-77 en Tween-20 (0,05%) (naar Nalewaja & Matysiak, 2001)

Stikstof zout	X-77		Tween-20	
	80 l/ha	240 l/ha	80 l/ha	240 l/ha
Geen	13	78	30	84
Ammonium hydroxide	67	88	82	84
Ammonium bisulfaat	17	79	37	80
Ammonium sulfaat	23	79	32	86
Ammonium fosfaat monobasic	17	79	26	84
Ammonium fosfaat dibasic	72	79	84	85
Ammonium citraat dibasic	65	81	61	84
Ammonium citraat tribasic	75	80	80	87
Ammonium chloride	24	81	35	84
Ammonium nitraat	23	84	20	84
Ureum	7	65	20	82
Ureum ammonium nitraat	77	85	96	81
LSD 5%	5	5	5	5

Natriumchloride, natriumsulfaat en calciumsulfaat verhoogden in het algemeen de fytotoxiciteit van nicosulfuron bij beide olie addities (Tabel 28); Magnesiumsulfaat alleen voor de minerale olie. De methylated plantaardige olie gaf een consistent beeld van de bestrijding dan de minerale olie. Over het algemeen was Nicosulfuron effectiever in 240 l/ha dan in 80 l/ha. Ammoniumnitraat kan de antagonistische werking van natrium bicarbonaat opheffen (Tabel 29). Een hoge pH van de spuitvloeistof verbeterde de biologische effectiviteit vooral bij lage spuitvolumes (80 l/ha).

Nalewaja & Matysiak (2001a) melden de negatieve invloed van zouten en de pH op de werking van herbiciden. De glyfosaat werking wordt negatief beïnvloed door natrium en calcium ionen in de spuitvloeistof. De werking van glyfosaat wordt positief beïnvloed door ammoniumsulfaat in oplossing. Een lage pH verlaagde de effectiviteit van 2,4-D.

Green (2001) meldde het effect van waterkwaliteit op de werking van gewasbeschermingsmiddelen in algemene zin. Mineralen, klei, organische stof in de spuitvloeistof kan de biologische werking van gewasbeschermingsmiddelen reduceren. Klei verlaagt de werking van paraquat en glyfosaat. Organische stof die van veel gewasbeschermingsmiddelen (zonder specifiek te worden) en hard water verlaagt de werking van glyfosaat, 2,4-D, MCPA amine, sethoxydim en dicamba (Nalewaja & Matysiak, 1993). Water conditionerende addities gaan deze effecten tegen. De werking van deze addities berust veelal op het afscheiden en vastleggen van het remmende ion in oplossing. Voorbeelden hiervan zijn chelaten als EDTA, ethyleendiaminotetraazijn zuur en citroenzuur. Deze stoffen kunnen met kalk reageren en voorkomen het inactiveren van het gewasbeschermingsmiddel. Ammoniumsulfaat wordt gebruikt voor het reduceren van de antagonistische werking van calcium met glyfosaat.

Nalewaja *et al.* (1989) beschrijven het effect van de waterkwaliteit op de werking van sethoxydim op haver (Tabel 30). Bij een spuitvolume van 160 l/ha werd met een 650067 spuitdop (2,70 bar) 100 g ai/ha sethoxydim uitgebracht.

Tabel 30. Effect van waterkwaliteit op de bestrijding van haver met sethoxydim (naar Nalewaja *et al.*, 1989)

water	Co ₃ ²⁻	HCO ₃ ³⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	pH	Bestrijding [%]
Gedestilleerd	0	4	1	4	0	1	1	0	5.8	74
Halliday	0	1635	31	76	8	5	653	3	8.9	41
Fargo	12	98	17	114	31	25	27	5	8.0	80
								LSD(0.05)		5

Water uit Halliday gaf een bestrijdingseffect op haver van slechts 41%. Dit werd vooral toegeschreven aan het gehalte carbonaten en bicarbonaten in het water. Ook de verhouding sulfaat/bicarbonaat kan meegespeeld hebben.

Ook werd onderzocht wat het effect van gehalte bicarbonaat in het water op de effectiviteit van de bestrijding van naalbaar en haver was (Tabel 31).

Tabel 31. Bestrijding van haver en naalbaar (Setaria glauca) met 2 doseringen Sethoxydim en verschillende gehalten natriumbicarbonaat in het vulwater/spuitvloeistof (naar Nalewaja *et al.*, 1989)

Sethoxydim [g/ha]	Natrium bicarbonaat [mg/l]	Onkruidbestrijding (%)	
		haver	naalbaar
50	0	59	89
50	55	4	59
50	465	13	19
50	2820	9	19
50	5640	9	7
100	0	83	90
100	55	35	70
100	465	18	46
100	2820	13	49
100	5640	25	48
	LSD(0.05)	16	15

Duidelijk was dat kleine hoeveelheden natriumbicarbonaat in de spuitvloeistof al een groot effect op de bestrijding van haver en in mindere mate naalbaar had. Het negatieve effect van bicarbonaat kon weggenomen worden door diammoniumsulfaat of ammoniumnitraat aan de tankoplossing toe te voegen.

Nalewaja & Matysiak (1993) presenteren het effect van ammoniumsulfaat toegevoegd aan de spuitoplossing met glyfosaat om het effect van kationen in het vulwater op te heffen (Tabel 32). Onderzocht is wat de werking en effectiviteit op onkruidbestrijding op tarwe was.

Tabel 32. Effect van kationen gehalte water op bestrijding tarwe met glyphosaat en neutralisatie kationen antagonisme door diammoniumsulfaat toegepast in 20 g/l of berekend volgens kationen concentratie (naar Nalewaja & Matysiak, 1993)

Water karakteristieken					Onkruidbestrijding [%]			Berekende diammonium- sulfaat [g/l]
	Kationen [mg/l]				Diammonium sulfaat			
oorsprong	Na	K	Ca	Mg	geen	20 g/l	Berekend	
Gedestilleerd	0	0	0	1	79	84	-	0
Holliday	655	6	12	5	0	85	80	4.2
Alice	265	23	174	15	0	83	79	5.9
Litchville	221	15	495	223	0	84	84	10.0
Valley City	23	13	176	49	0	81	79	2.8
LSD(0.05)					8	8	8	

Standaard wordt het effect van hard water gecompenseerd door 20 g/l diammoniumsulfaat toe te passen. Door uit te gaan van de kationen concentratie kan met minder diammoniumsulfaat volstaan worden. De berekende hoeveelheid diammoniumsulfaat (g/l) nodig voor de neutralisatie van de antagonistische werking van de kationen wordt berekend als:

de som van $0,6 \times (\text{natrium}) + 0,2 \times (\text{kalium}) + 1,0 \times (\text{calcium}) + 1,7 \times (\text{magnesium})$.

Het gebruiksvoorschrift van Luxan Fenmedifam vloeibaar maakt o.a. melding van "Vermijdt gebruik van kalk- of ijzerhoudend water". Wat de consequenties van ijzer- en kalkhoudend water zijn, bv. snelle binding, degradatie of verlaagde effectiviteit, wordt niet vermeld. Van Fenic Flow 160 (fenmedifam) wordt tevens bij rijenbehandeling vermeld "Spuittank vullen voor spuitduur van ten hoogste 2 uur".

3.2.2 Insecticiden

Uit een door Pauw (2002) uitgevoerde literatuurstudie naar de invloed van de waterkwaliteit op de werking van insecticiden komt naar voren dat met name de pH en de hardheid van het water invloed zouden hebben op de werking van het middel. In de literatuur was wel informatie te vinden over een mogelijk effect van de pH (Reeves, 2003a, 2003b, 2003c), maar over de hardheid was niet veel informatie beschikbaar. Pauw (2002) beschrijft verder een onderzoek naar de invloed van de waterkwaliteit op de werking van een middel. In dit onderzoek werd gewerkt met het insecticide deltamethrin (Decis EC) en 11 waterkwaliteiten die een verschillende pH en hardheid hadden. In de proef is de rups van het groot koolwitje bestreden op spruitkoolplanten. De invloed van de waterkwaliteit op de werking van deltamethrin (Decis EC) bleek gering. Dit in tegenstelling tot wat in de literatuur werd gevonden; "het middel zou beter werken bij een wat zurige oplossing", gaven in deze proef ook neutrale en basische oplossingen een goede doding. Zelfs de laagste dosering (33% van het advies) gaf een goede doding zonder verschillen tussen waterkwaliteiten. Geconcludeerd werd dat, in tegenstelling tot wat er in de literatuur staat, de waterkwaliteit geen invloed had op de werking van deltamethrin (Decis EC). Ook bij andere middelen zou volgens de literatuur de pH invloed hebben op de werking. Of dit werkelijk ook zo is, moet uit verder onderzoek blijken.

Reeves (2003a, 2003b, 2003c) meldde het effect van de waterkwaliteit op de werking van verschillende insecticiden. Sommige insecticiden worden afgebroken in tankwater met een hoge pH (pH > 7).

3.2.3 Fungiciden

akkerbouw

Reeves (2003a, 2003b, 2003c) meldde het effect van de zuurgraad van het tankwater op de werking van verschillende fungiciden. Sommige fungiciden worden afgebroken in tankwater met een hoge pH (pH > 7). Met name benomyl (Benlate), chloorthalonil (Bravo) en Captan kunnen snel afbreken als ze in de tank in aanraking komen met basisch water. In het algemeen werd gesteld dat bij:

- pH 3,5-6,0 er een veilige zuurgraad is voor de meeste middelen. Het middel kan dan 12-24 uur in de tank blijven staan.

- pH 6,1-7,0 de zuurgraad goed is voor een directe toepassing van de middelen. De tankoplossing niet langer laten staan dan 1-3 uren in verband met afbraak.

- pH 7.0 voeg een pH buffer of zuur toe.

Toevoegmiddelen die genoemd werden voor het reguleren van de zuurtegraad zijn:

Buffer Xtra Strength, Buffer PS, Class Ballast, Combine, Induce pH, LI 700, Request, Trifol en Super Spread 700.

bollenteelt

ontsmetten van bollen

Temperatuur

Koster (2003) heeft onderzoek uitgevoerd naar het effect van de dompelbadtemperatuur op de werkzaamheid van enkele bolontsmettingsmiddelen van penicilium in lelies en fusarium in tulpen. Eventuele verschillen in werking, als gevolg van temperatuur, kunnen worden toegeschreven aan effecten van het warme water zelf. Daarom kan de dosering van middelen, bij toepassing in warm water, veelal lager zijn (Koster, 2002). Er bestaan veel adviezen van dezelfde middelen, die zowel in koud- alsook in warmwater dompelbaden worden gebruikt. In beide temperatuursituaties zijn ze voldoende werkzaam. Deze informatie is ook in de advisering opgenomen (DLV, 2002).

PH en hardheid water

PPO-Lisse heeft onderzoek uitgevoerd naar het effect van de pH van het dompelbad op de werkzaamheid van enkele bolontsmettingsmiddelen (prochloraz, formaline). Een vergelijking werd gemaakt tussen standaard leidingwater (Lisse; pH 7,5-8,5) en kalkwater (pH 10). Er kon geen effect van het ontsmetten in (hard)kalkwater op de aantasting door Penicillium of Fusarium (zuur) worden waargenomen.

Ijzer

Ook heeft PPO-Lisse het effect van ijzer op de werkzaamheid van middelen in het dompelbad op de bestrijding van fusarium onderzocht. De toevoeging van ijzerchelaat aan de dompeloplossing had geen effect op de werking van carbendazim en prochloraz ter bestrijding van Fusarium.

3.3 Halfwaardetijd gewasbeschermingsmiddelen en waterkwaliteit

In de spuitoplossing verliest elk middel na een zekere tijd een deel van de werking van de actieve stof. De afbraak van gewasbeschermingsmiddelen in een waterige oplossing kan op verschillende manieren plaats vinden. Genoemd worden afbraak veroorzaakt door hydrolyse, adsorptie, microbiële afbraak en fotolyse. De afbraak van de stoffen wordt weer beïnvloed door de temperatuur, zuurgraad, organisch stof gehalte, zoutgehalte, kopergehalte en hardheid van het water. De snelheid van afbraak verschilt per actieve stof, maar wordt mede bepaald door de pH van het spuitwater en de tijdsduur. Geïnterpreteerd is (Tomlin, 1997) wat de vermeldingen zijn over afbraak van middelen en de genoemde halfwaardetijden (zie Bijlage C). Stoffen die binnen een dag (24 uur) voor de helft zouden kunnen afbreken zijn: bifenox, carbendazim, chloorfenvinfos, cymoxanil, desmedifam, fenmedifam, pirimicarb, quizalofop-P-butyl, rimsulfuron, thiram en vinchlozolin.

3.3.1 Herbiciden

Zeeland *et al.* (2002) melden het effect van hydrolyse bij herbiciden, en bij een aantal middelen blijkt alkalische hydrolyse (verminderde werking door hoge pH van het water) op te treden. Er is weinig onderzoek gedaan naar de effecten daarvan op de werking (bijlage B). Of hardheid en pH van het spuitwater invloed hebben op de werking van de actieve stof wordt mede bepaald door de formulering van het middel. Het effect van hydrolyse op de halfwaardetijd is daarom uit Tomlin (1997) verder geïnterpreteerd (zie Bijlage C)..

Boukamh *et al.* (2001) vonden na 40 dagen een afbraak in zonlicht van een waterige oplossing van metoxuron van 90% (transformatie naar MX3). De experimenten vonden in Frankrijk in de periode februari-maart plaats. In het laboratorium werd onder 254 nm licht metoxuron in een luchtverzadigde waterige oplossing in 4 minuten afgebroken tot 65% en in 17 minuten tot 11% van de oorspronkelijke concentratie ($1,1 \times 10^{-4}$ M).

Chafik *et al.* (2001) vonden bij een 12 mg/l waterige oplossing van triflusaaluron-methyl (Safari) fotolyse. De DT50 was hierbij 10 uur. Een 0,5 mg/l concentratie gaf bij een pH van 8 na 10 uur een bruine neerslag.

Van Es & Trautmann (1998) noemen DT50 waarden van 71 dagen voor atrazine, 15 dagen voor Cyanazine en 30 dagen voor Alachloor.

Dorn *et al.* (1992) melden een halfwaardetijd DT50 in waterige oplossingen van glufosinaat-ammonium van 2-30 dagen ($T=20^{\circ}\text{C}$)

Door Berger *et al.* (2002) werd het effect van de pH van een waterige oplossing op de afbraak van sulfonylureum verbindingen onderzocht (Tabel 33). De afbraak werd gemeten bij een pH van 4, 7 en 10. Bij een pH van 4 was het verschil tussen de stoffen in afbraak bij een temperatuur van 22°C overeenkomstig dat bij 40°C . Het afbraaksnelheid bij 22°C was wel lager dan bij 40°C . Voor de verschillende stoffen was er geen correlatie tussen de afbraak bij een pH van 4, 7 of 10. Dit geeft aan dat er bij pH 4 een ander mechanisme van afbraak optreedt dan bij pH 7 of 10.

Tabel 33. Afbraaksnelheid ($\times 10^{-2}$ /dag) voor sulfonylureum verbindingen bij verschillende zuurgraad van een waterige oplossing (naar Berger *et al.*, 2002)

stof	pH 4 T=22 °C	pH 4 T=40 °C	pH 7 T=40 °C	pH 10 T=40 °C
bensulfuron-methyl	6.16	114.91	4.48	0.98
sulfometuron-methyl	6.58	129.21	6.48	3.77
ethmetsulfuron-methyl	2.98	60.35	2.15	1.62
triasulfuron	7.95	96.31	1.83	1.31
tribenuron-methyl	-	-	119.38	3.66
nicosulfuron	12.4	128.16	2.13	1.34
chlorimuron-ethyl	15.36	295.02	2.47	2.08
thifensulfuron-methyl	13.72	143.76	3.69	21.76
primisulfuron-methyl	12.38	214.49	1.17	0.73
metsulfuron-methyl	14.72	133.23	1.05	1.31
chlorsulfuron	14.89	138.69	0.66	1.26
amidosulfuron	9.89	132.45	1.44	1.72

Van de sulfonylureum herbiciden triasulfuron, metsulfuron-methyl en chlorsulfuron is door Sarmah *et al.* (2000) onderzocht wat de stabiliteit in een waterige oplossing is (Tabel 34) bij variërende zuurgraad (pH 5,2-11,2). De hydrolyse van alle drie de stoffen was zuurgraad gevoelig. Bij een pH 5,6-6,2 was de hydrolyse sneller dan bij pH neutraal, of in een zwakbasische oplossing (pH 8,2-9,4). In een basische oplossing (pH>10,2) nam de hydrolyse weer toe maar was nog steeds lager dan bij pH 5,2.

Tabel 34. Hydrolyse (omzettingssnelheid k en halfwaardetijd $t_{1/2}$) van triasulfuron, metsulfuron-methyl en chlorsulfuron in een waterige oplossing met verschillende pH (naar Sarmah *et al.*, 2000)

pH	Triasulfuron		Metsulfuron-methyl		chlorsulfuron	
	k [/dag]	$t_{1/2}$ [dagen]	k [/dag]	$t_{1/2}$ [dagen]	k [/dag]	$t_{1/2}$ [dagen]
5.2	0.087	7.9	0.072	9.6	0.088	7.9
6.2	0.021		0.011		0.019	
7.1	0.011		0.006		0.010	
8.2	0.005		0.005		0.007	
9.4	0.005		0.007		0.006	
10.2	0.012		0.008		0.016	
11.2	0.043	16.1	0.062	11.2	0.067	10.3

Meunier *et al.* (2002) onderzochten het effect van pH en belichting op de afbraak van dichlorprop. Licht in de golflengte range 290-310 nm adsorbeerde aan de stof en veroorzaakte een langzame fotolyse die overeen kwam met die waargenomen in zonlicht. Bij een pH 7,2 gaf een black light een langzame afbraak van 9% in 28 dagen. Bij een pH 2,0 was er na 25 dagen 27% afgebroken. In september in zonlicht was de afbraak 11% na 23 dagen. De halfwaardetijd voor dichlorprop was duidelijk lager dan die voor mecoprop (8 dagen in september zonlicht) beschreven door Meunier & Boule (2002).

Galichet *et al.* (2002) onderzocht het effect van ijzer (III) licht geïnduceerde afbraak van isoproturon onder kunst en zonlicht. Het water had een zuurgraad van pH 3,5. Na 60 minuten was bij een belichting met 365 nm 70% van de isoproturon omgezet.

Door Salvestrini *et al.* (2002) is onderzocht wat het effect van pH en buffer concentratie is op de afbraaksnelheid van diuron. Bij een pH tussen de 4 en 9 is de afbraaksnelheid pH onafhankelijk en constant ($k_0=0,05/\text{dag}$). Bij een lagere en een hogere pH is de afbraaksnelheid hoger om weer constant te worden bij een lager dan 2 en hoger dan 12 ($k_0=0,40/\text{dag}$).

El-Dib & Aly (1976) melden dat de hydrolyse van phenylamide bestrijdingsmiddelen in waterig milieu beperkt is. De herbiciden IPC, CIPC, monuron, diuron, linuron en propanil zijn in deze studie onderzocht. Er werden DT50 waarden in waterige oplossing gevonden van 3,0 dagen voor IPC, 3,5 dagen - CIPC, 177 dagen - monuron, 150 dagen - diuron, 1 dag - linuron en 6,6 dagen voor propanil.

In een waterige oplossing van 20°C is de hydrolyse 2 tot 3 keer zo hoog als bij 10°C.

Tussen pH 5, 7 en 9 was er geen effect van de zuurgraad op de stabiliteit; de onderzochte stoffen bleven 4 maanden stabiel.

De fotochemische afbraak van acifluorfen onder invloed van licht en de zuurgraad van een waterige oplossing is onderzocht door Vialation *et al.* (2001). De stabiliteit van acifluorfen werd beïnvloed door de kwaliteit van het water en de zuurgraad (Tabel 35). Afhankelijk van de zuurgraad worden verschillende omzettingen producten gemaakt. Deze omzettingen producten breken zelf ook weer verder af afhankelijk van de pH.

Tabel 35. Omzetting van acifluorfen naar verschillende afbraakproducten in een waterige oplossing met verschillende zuurgraad (naar Vialation *et al.*, 2001).

golflengte [λ in nm]	pH	omzetting [%]		
		product 1	product 2	product 3
254	1.5	6.2	1.9	25
	3.8	4.8	2.9	51
	7.1	2.9	2.2	50
313	12.4	43	10	1.7
	2.0	6	2	28
	4.0	7	1	35
	12.0	43	5	-

Bij blootstelling aan zonlicht in puur water (13 uur/dag; Clermond-Ferrand, juni) had acifluorfen een lagere fotolyse snelheid dan in een oppervlaktewater monster. In zuiver water was de halfwaardetijd 10 dagen. De toevoeging van organische bestanddelen (10 mg/l) aan zuiver water (pH 7) beïnvloedde de fotolyse niet. De halfwaardetijd van acifluorfen in oppervlaktewater (pH 8,5) was echter wel lager dan in zuiver water namelijk 6,8 dagen.

De chemische omzetting van isoxaflutool in waterige oplossingen van verschillende zuurgraad (pH 4-7) is onderzocht door Beltran *et al.* (2001). Bij een pH 6,7 werd een gemiddelde halfwaardetijd van 34 uur gevonden (Tabel 36). De omzetting werd sterk beïnvloed door de acetaat en fosfaat concentratie in de oplossing.

Tabel 36. Omzetting van isoxaflutool in waterige oplossing afhankelijk van de fosfaat en acetaat concentratie (naar Beltran *et al.*, 2001)

concentratie (M)				
KH ₂ PO ₄	Na ₂ HPO ₄	acetaat	pH	t _{1/2} [uur]
0.0585	0.0082	0	6.0	116.6
0.1754	0.0246	0	6.0	58.2
0.02	0.02	0.0	6.6	72
0.02	0.02	0.1	6.6	14.5
0.02	0.02	0.16	6.6	10.9
0.05	0.05	0.0	6.6	35
0.05	0.05	0.1	6.6	12
0.05	0.05	0.16	6.6	9.4
0.1	0.1	0	6.5	18.7

Afhankelijk van de concentratie fosfaat en acetaat kan de halfwaardetijd variëren tussen de 116 uur en 9,4 uur.

3.3.2 Insecticiden

Pauw (2002) constateerde dat er verschillende onderzoeken uitgevoerd zijn naar de invloed van de pH op de halfwaardetijd van een insecticide. Hieruit komt duidelijk naar voren dat de meeste bestrijdingsmiddelen de langste halfwaardetijd hebben bij een iets zure spuitoplossing. Bij een hoge pH is de halfwaardetijd het kortst, ofwel is het middel minder lang werkzaam. Er zijn een aantal middelen die hierop een uitzondering vormen. Van een aantal bestrijdingsmiddelen kon de halfwaardetijd teruggevonden worden in de literatuur. Deze zijn in tabel 37 weergegeven.

Tabel 37. Halfwaardetijd van bestrijdingsmiddelen in relatie tot de pH van het spuitwater. (Pauw, 2002)

Bestrijdingsmiddel	pH	Halfwaardetijd	pH	Halfwaardetijd
Insecticiden:				
dimethoat	4	21 u.	9	50 min.
dimethoat 1)	2	21 u.	9	48 min.
acefaat	3	30 dgn.	9	2,5 dgn.
acefaat 1)	3	65 dgn.	9	12 u.
acefaat	3	65 dgn.	9	16 u.
chloorpyrifos	4,7	63 dgn.	10	7 dgn.
parathion	5	690 dgn.	11	170 min.
parathion 1)	5	690 dgn.	10	29 u.
mevinfos	7	35 dgn.	11	80 min.
mevinfos 1)	7	35 dgn.	9	1,4 u.
Herbiciden:				
clodinafop	7	8,1 u.	9	2,5 u.
fenmedifam	7	5 u.	9	10 min.
Fungiciden:				
benomyl	5,6	> 30 u.	7	1 u.
captan	4	4 u.	10	2 min.
iprodion	7	1-7 dgn.	9	< 1 u.

Bron: Cornell University, New York en Montana State University. In: Jonkheer, 2000.

1: bron: Oomen, 2001.

Van Es & Trautmann (1998) noemen DT50 waarden van 15 dagen voor Methyl Parathion. Gal *et al.* (1992) onderzochten de fotochemische afbraak van parathion in een waterige oplossing. Bij verschillende pH waarden werd met UV licht (240-320 nm) de afbraak bepaald. In het donker was er geen afbraak. In licht nam de afbraak van parathion toe bij hogere pH. Bij een gelijke aanvangsconcentratie van 9,2-9,8 ppm trad een volledige omzetting van parathion op bij pH 5,7 op in 210 minuten en bij pH 9,6 in 90 minuten.

Liu *et al.* (2001) onderzocht de afbraak door hydrolyse van chloorpyrifos in oppervlakte water en gedemineraliseerd water (Tabel 38). De zoutconcentratie verschilde van het natuurlijke water en varieerde van 0 tot 17 ppt.

Tabel 38. Afbraak van chloorpyrifos in verschillende waterbronnen (naar Liu *et al.*, 2001)

water	Water karakteristieken			Hydrolyse parameters	
	pH	Zout ppt	Cu mmol/l	K [d ⁻¹]	T _{1/2} [d]
Susquehanna	7.93	0	0.000165	0.0055	126
Choptank	7.66	11.8	0.000325	0.0123	56.3
Patuxent	8.15	12.9	0.000470	0.0284	24.4
pocomoke	7.99	17.2	0.000502	0.262	26.5
demi	5.72	0	0	0.0151	45.9

De gemeten halfwaardetijden varieerden van 24 dagen tot 126 dagen. Uit deze studie bleek dat pH alleen niet de enige verklarende parameter is voor de afbraak van chloorpyrifos. Met name de invloed van de koperconcentratie in het water op de afbraak moet verder onderzocht worden.

De afbraak van verschillende benzoylphenylureum insecticiden onder invloed van de zuurgraad van een waterige oplossing is door Marsella *et al.* (2000) onderzocht. Van de stoffen teflubenzuron, chlorfluazuron, flufenoxuron en hexaflumuron werd in vergelijking met diflubenzuron de fotolyse in water bepaald (Tabel 39). De fotochemische afbraak van hexaflumuron was het snelst; de halfwaardetijd was 8,6 uur bij een pH 7,0 en 5,0 uur bij een pH 9,0. Diflubenzuron brak langzamer af, de halfwaardetijd was 17 uur bij pH 7,0 en 8,0 uur bij pH 9,0. In gebufferd rivierwater met een pH 9,0 waren onder een zonsimulator de halfwaardetijden van teflubenzuron, hexaflumuron en diflubenzuron respectievelijk 20 uur, 15 uur en 12 uur. In het donker werd geen afbraak waargenomen. In eerdere studies was gevonden dat diflubenzuron in water een halfwaardetijd had van 8 dagen. Hydrolyse nam toe bij hogere temperatuur, hogere pH en aanwezigheid van sediment in het water.

Tabel 39. Halfwaardetijd door fotolyse van verschillende benzoylphenylureum insecticiden in een waterige oplossing met verschillende zuurgraad (naar Marsella *et al.*, 2000)

product	halfwaarde tijd [uur]		
	demi water pH 7	demi water pH 9	rivier water pH 9
diflubenzuron	17 (+/-4)	8(+/-2)	12.3(+/-0.7)
teflubenzuron	14(+/-3)	7.6(+/-0.9)	20(+/-4)
hexaflumuron	8.6(+/-0.4)	5(+/-1)	15(+/-2)

Teflubenzuron en hexaflumuron hebben een vergelijkbare halfwaardetijd als diflubenzuron voor fotolyse in demiwater en rivierwater. De afbraak onder basische omstandigheden was voor alle drie de stoffen sneller.

Navarro *et al.* (2000) toonde aan dat endosulfan in zout water sneller afbrak dan in puur water (Tabel 40). De pH van het zoute (zee) water was 8,4 en het elektrische geleidingsvermogen EC 63000 (μScm^{-1}). De afbraak van de twee isomeren van endosulfan α en β werd gedurende een periode van 82 dagen bepaald. Gedurende de eerste 13 dagen was de halfwaardetijd van beide isomeren respectievelijk 4,5 en 5,1 dag in zeewater en 28,9 en 77 in puur water. In de tweede periode van 13 tot 82 dagen waren de halfwaardetijden hoger.

Tabel 40. Halfwaardetijd (dagen) door afbraak van α en β endosulfan in zeewater en puur water (naar Navarro *et al.*, 2000)

periode	α in zeewater	α in puur water	β in zeewater	β in puur water
0-13 dagen	4.5	28.9	5.1	77
13-82 dagen	38.7	26.4	56.8	48.5
gemiddeld	21.7	26.6	30.1	53.3

Gemiddeld voor beide isomeren kwam de halfwaardetijd voor endosulfan in zeewater op 23,6 dagen en in puur water op 35,5 dagen.

In een zuur milieu worden de actieve stoffen minder snel afgebroken, waardoor het product beter werkzaam blijft. Er zijn echter een aantal middelen die bij een lagere pH juist sneller worden afgebroken. Dit geldt o.a. voor het middel metsulfuron-methyl (Ally). Basisch water met hoge pH is schadelijk voor de volgende chemische groepen:

- Carbamaten
- Organische fosforverbindingen
- Triazinen
- Nitrilen
- Sommige pyrethroiden

De afbraak van organische fosforverbindingen in een enzymatische waterige oplossing is onderzocht door Durham *et al.* (1999). Komen in tankoplossingen plantenresten voor door bijvoorbeeld inname uit oppervlaktewater, dan is het aannemelijk dat soortgelijke afbraakreacties als in deze studie beschreven ook in de tank op kunnen treden. Als enzymatische oplossing werd een aftreksel van gerstebblad genomen. De afbraak van malathion, chloorpyrifos, guthion, diazinon, methidathion en parathion in een waterige gerstenat oplossing werd onder standaard omstandigheden bepaald. Na 3 uur was bij 37°C en een pH van 7,4 de afbraak van malathion 100%, chloorpyrifos 100%, parathion 75%, diazinon 54%, guthion 41% en methidathion 23%.

Door Keum *et al.* (2002) is het effect van (zon)licht op de afbraak van diafenthiuron in een waterige oplossing onderzocht. Fotolyse blijkt een belangrijke afbraakroute te zijn. In een waterige oplossing werd een halfwaardetijd gemeten van 1,1 dag (licht golflengte 297,5-330nm). Na 8 uur blootstelling aan daglicht was er nog 41% over van de oorspronkelijke diafenthiuron concentratie. Vooral in water met opgeloste organische stof, zoals in oppervlaktewater voorkomt, is de afbraak nog sterker. De halfwaardetijd in (paddy)water was 1,1 dag.

3.3.3 Fungiciden

Bartlett *et al.* (2002) geven in overzichtartikel over de strobilurine fungiciden waarden voor de halfwaarde tijd. Halfwaardetijden (DT50) voor Aoxystrobin was 7 dagen, voor Kresoxim-methyl 1 dag, trifloxystrobin 0,3-1 dagen en picoxystrobin 7-15 dagen. Afbraak werd vooral niet veroorzaakt door hydrolyse maar door adsorptie, microbiële afbraak en fotolyse.

Calmon & Sayag (1976) maken melding van de snelle afbraak van benomyl naar MBC bij pH's lager dan 5. Bij een pH kleiner dan 2,5 treedt tevens hydrolyse op. Singh & Chiba (1985) vonden dat bij hele hoge pH (13) en lage pH (1) er geen benomyl in oplossing bleef, door een volledige omzetting naar STB. De oplosbaarheid in water was maximaal bij pH 7 (70%); nam de pH toe dan nam de hoeveelheid benomyl in oplossing af door toename van de omzettingsproducten STB en MBC. Bij pH 8, 9, 10 en 11 was de oplosbaarheid resp. 42, 32, 14 en 5%.

3.4 Waterkwaliteit in Nederland

Water dat wordt gebruikt voor het spuiten van gewasbeschermingsmiddelen is doorgaans leidingwater, oppervlakte water, regenwater (bassin) en bronwater.

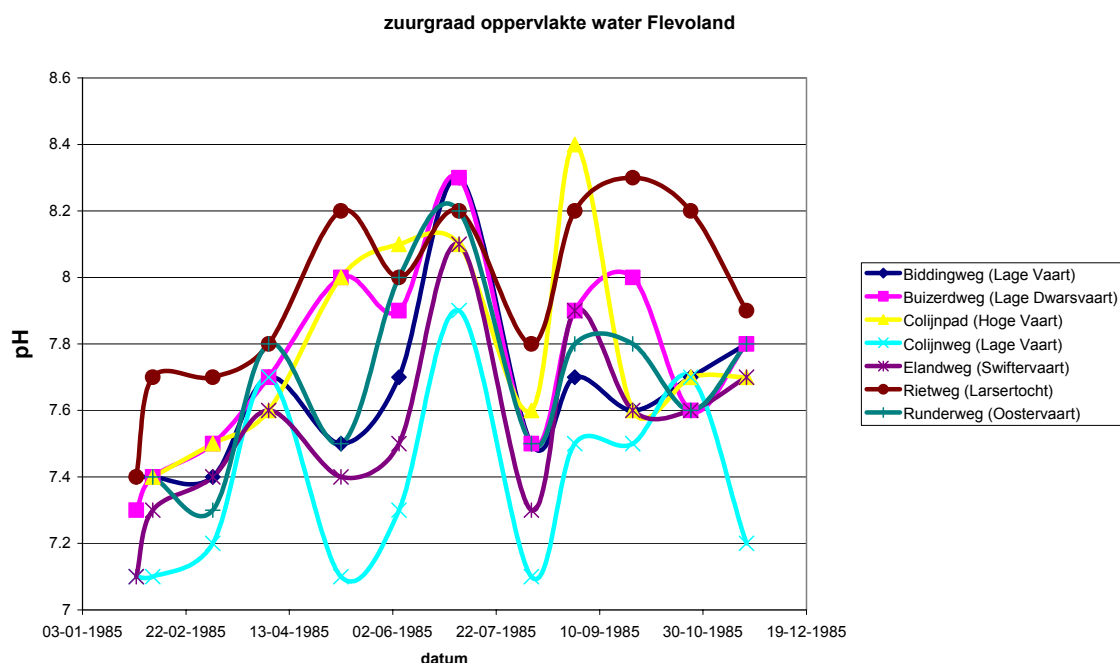
3.4.1 Leidingwater

De pH van leidingwater varieert tussen 6-8 (Tabel 41). Een overzicht van de waterhardheden (Vewin) in de nederlandse gemeenten staat in Bijlage D en wordt gepresenteerd in figuur 1. In het Waterleidingbesluit is bepaald dat de hardheid tussen de 5,6 °D en 14 °D moet liggen.

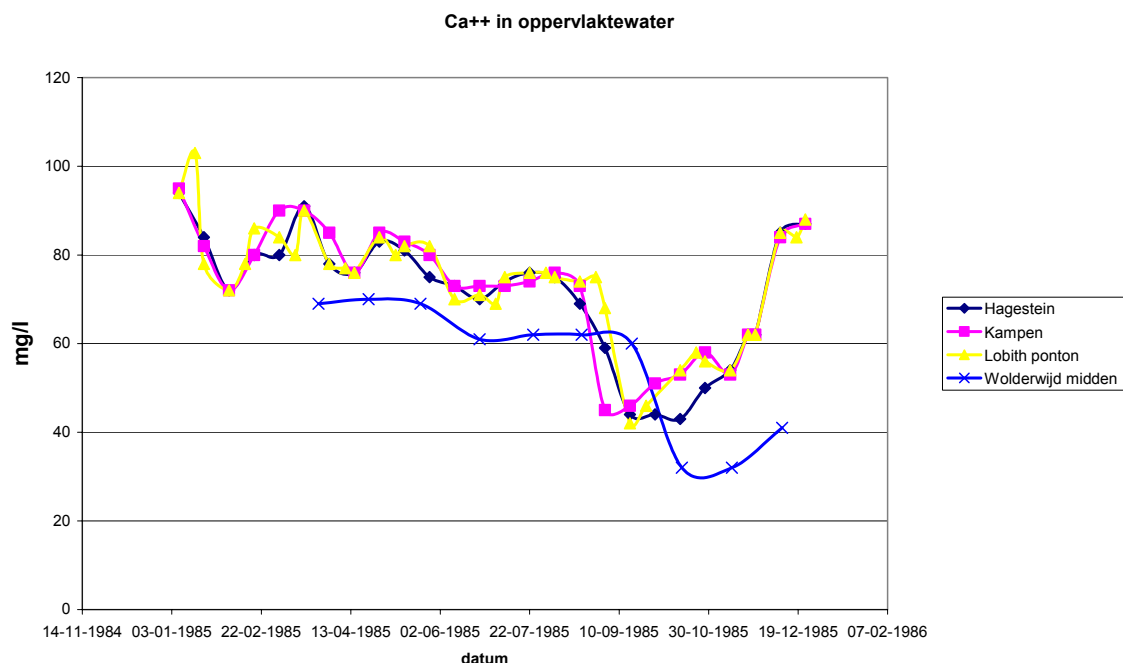
Voor het grootste deel van Nederland geldt dat het water vrij zacht is. Gemiddeld is de hardheid 8 °D. Sinds 2001 mogen drinkwaterleidingbedrijven leidingwater ontharden. De waarde voor hardheid waar naar gestreefd wordt is ongeveer 7 °DH. Daardoor zullen eventuele problemen t.a.v. hard water bij het gebruik van leidingwater in de toekomst niet meer spelen.

3.4.2 Oppervlaktewater

Meestal is oppervlaktewater niet hard. De pH kan oplopen tot pH 11 à 13 door de groei van algen in het water. Er is een wisselwerking tussen pH en algengroei. Algen groeien beter in water met een hoge pH en algen verhogen de pH. Hierdoor verschilt de pH gedurende het jaar (pH 7-8,5). Een voorbeeld hiervan is gegeven in figuur 2 voor verschillende controlepunten in Flevoland (Waterbase, 2003). Ook de hardheid van het water varieert gedurende de seizoenen (30-100 mg/l). Voor een aantal meetpunten is dit in figuur 3 aangegeven (Waterbase, 2003). Uit figuur 3 blijkt ook dat stromend water een ander ritme in variatie heeft dan stilstaand water.



Figuur 2. Zuurgraad oppervlaktewater gedurende het jaar 1985 voor verschillende meetpunten in Flevoland (Waterbase, 2003)



Figuur 3. Ca⁺⁺ gehalte van het oppervlaktewater op een aantal meetpunten in Nederland gedurende het jaar 1985 (Waterbase, 2003)

3.4.3 Regenwater/Bassinwater

Regenwater wordt opgevangen in waterbassins. Door luchtvervuiling kan het regenwater een pH van 3 hebben. De zuurgraad van het water in het bassin kan sterk variëren van pH < 5 bij veel zuur regenwater tot 11 door algengroei. Verwacht wordt dat de pH van het water na een tijd zal neutraliseren tot pH 6-7. Door glastuinders wordt de pH van het bassinwater sterk in de gaten gehouden en desnoods aangezuurd in verband met bemesting. In de glastuinbouw worden bassins afgedekt met folie om algengroei tegen te gaan. In de open teelten wordt dit in mindere mate toegepast.

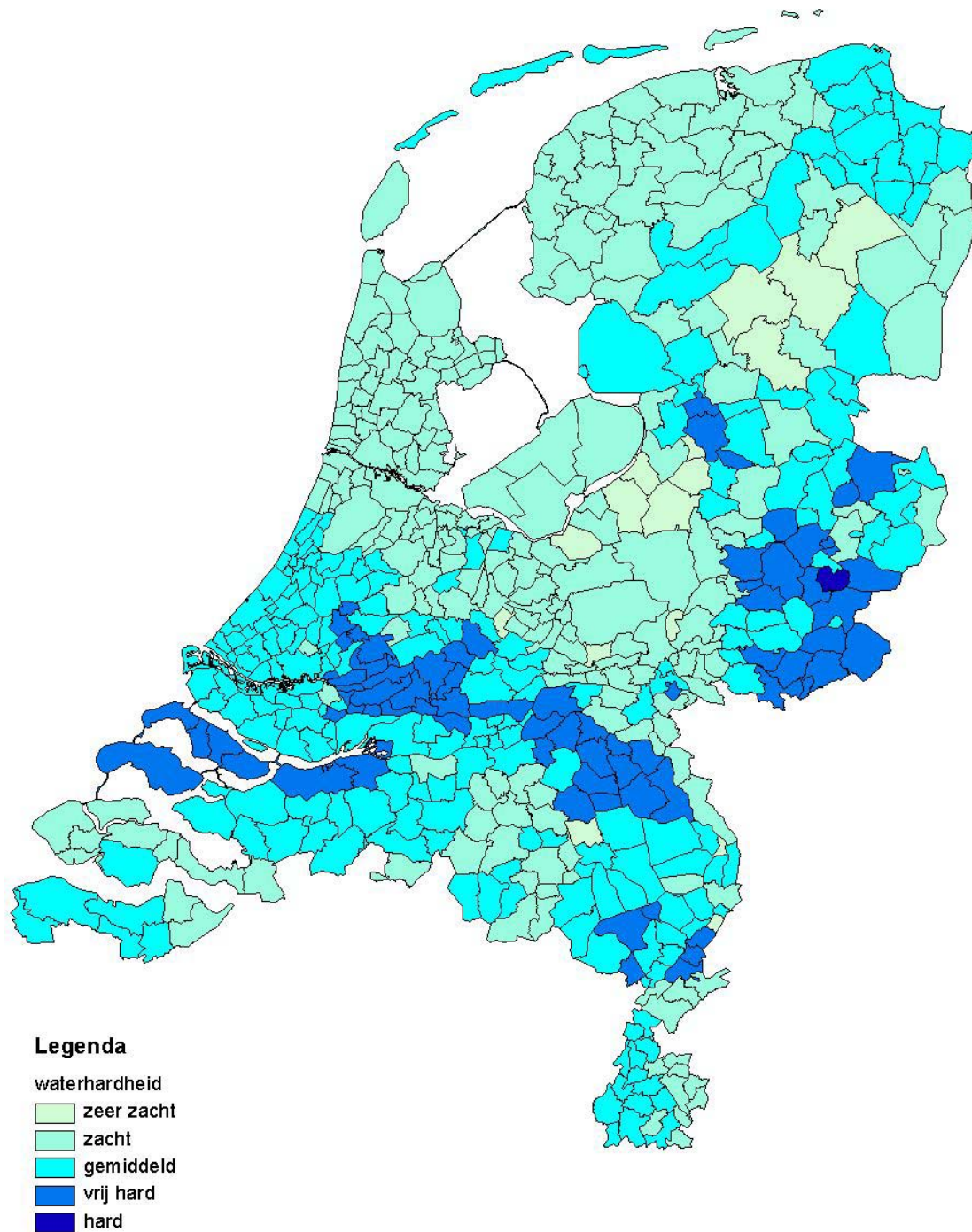
Tabel 41. Overzicht watersoort, pH en hardheid (Zeeland *et al.*, 2002)

Watersoort	pH	hardheid (°DH)
Leidingwater	6-8	3-18
Oppervlaktewater	6-11	zacht
Bassinwater	3-11	zacht
water uit geslagen putten (bronnen) Limburg/ Noord Brabant	4-8	1-30
water uit geslagen putten (bronnen) NOP	7	2-23
Oost-Flevoland	7-8	0,8-119
Zuid-Flevoland	7-8	1,4-166

3.4.4 Bronwater

Er zijn landbouwbedrijven die een eigen waterwinning hebben met name in gebieden waar wordt beregend. De kwaliteit van bronwater verschilt sterk per gebied en de diepte van de bron. Uit tabel ?? blijkt dat het water uit geslagen putten kan variëren in pH en hardheid. Het water is in het algemeen niet zuur. Wel komen er vaak veel Ca²⁺, Mg²⁺ en

Fe^{3+} - ionen in voor. Water uit een eigen bron moet men laten analyseren om de geschiktheid van het water voor specifieke toepassingen te kunnen beoordelen.



Figuur 1. Hardheid van leidingwater in Nederlandse gemeenten in 2002 (bron: Vewin)

4 Conclusies en aanbevelingen

Biologische effectiviteit en druppelgrootte

Grote effecten worden genoemd van toevoegmiddelen en formuleringen van middelen op het druppelgroottespectrum van spuitdoppen. De gevonden verschillen noemen zowel fijner wordende als grovere druppelgroottespectra in vergelijking met een bepaling met alleen water. Verschillen zijn soms zo groot dat spuitdoppen geclassificeerd als bv. Midden hierdoor in zowel de klasse Fijn als Grof kunnen komen. De effecten verschillen per toevoegmiddel en per doptype. Eén studie maakt melding van het effect van de hardheid van water op het druppelgroottespectrum. Bij Roundup en Roundup Ultra werd geen effect van de hardheid van water op het druppelgroottespectrum van een XR110015 spleetdop gevonden. Voor advisering over dit onderwerp naar de praktijk is meer informatie nodig.

Veel informatie is beschikbaar over de relatie tussen toedieningstechniek (spuitvolume en doptype) en de werking van herbiciden. Bij herbiciden wordt in veel gevallen (70%) gevonden dat een fijner druppelgroottespectrum een betere werking van het middel geeft. In het algemeen kon geconcludeerd worden dat bij gelijkblijvend spuitvolume een fijner druppelspectrum een betere werking gaf. Dit beeld was consistent voor systemische middelen dan voor middelen met een contactwerking. Bij grasachtige onkruiden gaf een verkleining van het druppelgrootte spectrum een uitgesproken relatie met verbeterde effectiviteit dan bij grovere spectra. Voor dicotylen was dit minder duidelijk.

Uit recent onderzoek naar het gebruik van grofspectrum 'driftarme' doppen bij herbiciden blijkt dat dit doorgaans een geringere werking geeft. Opmerkelijk is dat bij hoge rijsnelheden (16 km/u) de grovere doppen veelal een beter bestrijdingseffect geven dan de fijnere doppen. Het gebruik van toevoegmiddelen kan de negatieve effecten van het grovere spectrum voorkomen. Afhankelijk van het gebruikte middel (bv. Roundup) en toevoegmiddel (bv. Lissapol) kan tegen grasachtige onkruiden dan zelfs een beter bestrijdingsresultaat gehaald worden met grove spuitdoppen dan met een standaard dop.

Zeer weinig is gevonden over de relatie tussen toedieningstechniek en werking van insecticiden (uitgezonderd vliegtuigtoepassing en sprinkhaanbestrijding). De twee gevonden referenties op dit onderwerp melden beiden geen effect gevonden te hebben van spuitvolume en druppelgroottespectrum op de werking van de gebruikte insecticiden.

Voor fungiciden gebruik in granen is er geen eenduidig beeld over de relatie tussen druppelgroottespectrum en werking van de bestrijdingsmiddelen. Afhankelijk van de bestreden ziekten roest, meeldauw en bladvlekkenziekte, werd een lagere of geen verschil in effectiviteit waargenomen bij een grover spectrum.

In aardappelen gaven fungicidebespuitingen met een grover druppelgroottespectrum geen slechtere bescherming tegen *phytophthora infestans* (aardappelziekte) dan de standaard. Een fijnere bespuiting dan de standaard verbeterde in een enkel geval de bescherming wel.

In bloembollen werd geen nadelig effect op de *Botrytis* (vuur) bestrijding gevonden door gebruik van grof spectrum spuitdoppen. In uien werd bij de bestrijding van schimmelziekten wel een nadelig effect gevonden van het gebruik van grof spectrum spuitdoppen.

Biologische effectiviteit en waterkwaliteit

De biologische effectiviteit van gewasbeschermingsmiddelen kan beïnvloed worden door de waterkwaliteit. Van de herbiciden glyfosaat, sulfosaat, metsulfuron-methyl, MCPA-amine, sethoxydim en dicamba is de bestrijding van onkruid slechter wanneer hard water als tankvulling gebruikt wordt. De slechtere werking van glyfosaat in hard water (figuur 4) kan voorkomen worden door het toevoegen van ammoniumsulfaat aan de tankoplossing.

Is de zuurgraad van het tankwater laag dan is de werking van 2,4-D minder. Is de zuurgraad basisch dan is de werking van metsulfuron-methyl lager en die van nicosulfuron hoger. Komen in het tankwater veel carbonaten/bicarbonaten voor dan neemt de werking van sethoxydim af. Wordt vanuit oppervlaktewater tankwater genomen dan kunnen kleideeltjes in oplossing zorgen voor een slechtere werking bij glyfosaat en paraquat.

Er is weinig gevonden over de relatie tussen waterkwaliteit en de werking van insecticiden. Deltamethrin zou beter werken bij een lage pH. Dit kwam in proeven onder Nederlandse omstandigheden bij de bestrijding van de rups van het grote koolwitje in spuitkool niet tot uiting.

Ook van fungiciden is weinig gevonden over de relatie tussen waterkwaliteit en biologische effectiviteit. Er wordt melding gemaakt van slechtere werking van benomyl, Bravo en captan bij een hoge pH. In Nederland is in de bollen onderzoek gedaan naar de kwaliteit van het dompelwater op het ontsmetten van bollen. Watertemperatuur was een belangrijke parameter, bij hogere temperaturen kon een lagere dosering volstaan. De hardheid van water had geen effect op de ontsmetting van bollen met prochloraz. Zo had ook ijzer geen effect op de werking van carbendazim en prochloraz.

Voor verder onderzoek wordt voorgesteld om per pesticidegroep uit te zoeken welke van de sleutelfactoren ten aanzien van de waterkwaliteit het meest consistente effect hebben op de activiteit van het pesticide.

Halfwaardetijd gewasbeschermingsmiddel en waterkwaliteit

De afbraak van gewasbeschermingsmiddelen in een waterige oplossing kan op verschillende manieren plaats vinden. Genoemd worden afbraak veroorzaakt door hydrolyse, adsorptie, microbiële afbraak en fotolyse. De afbraak van de stoffen wordt weer beïnvloed door de temperatuur, zuurgraad, organisch stof gehalte, zoutgehalte, kopergehalte en hardheid van het water. Afhankelijk van bijvoorbeeld de pH kan de halfwaardetijd veranderen van enkele dagen tot enkele uren (carbofuran bij pH 4, > 1 jaar, bij pH 7, 121 dagen en bij pH 9, 31 uur) of zelfs enkele minuten (fenmedifam bij pH 5, 50 dagen, bij pH 7, 14,5 dagen en bij pH 9 10 minuten).

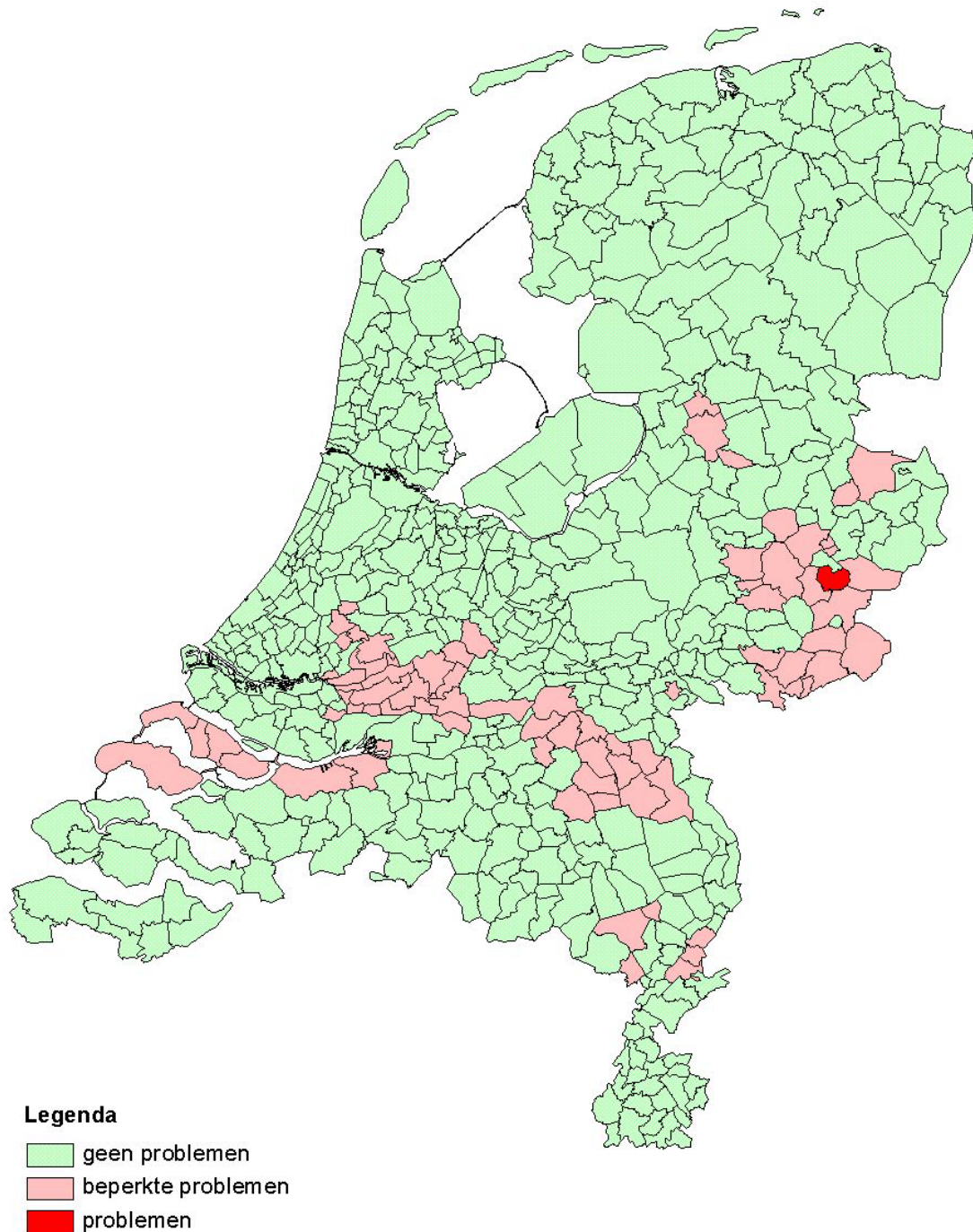
Stoffen die binnen een dag (24 uur) voor de helft zouden kunnen afbreken zijn: bifenox, carbendazim, chloorfenvinfos, cymoxanil, desmedifam, fenmedifam, pirimicarb, quizalofop-P-butyl, rimsulfuron, thiram en vinchlozolin.

Voor verder onderzoek wordt voorgesteld om per pesticidegroep stoffen met een mogelijk snelle afbraak te evalueren met water van verschillende kwaliteiten zoals die in Nederland voorkomen.

Waterkwaliteit in Nederland

Wanneer voor het bespuiten van gewassen leidingwater gebruikt wordt is de zuurgraad veelal geen probleem (pH 6-8). De hardheid van het water kan wel sterk per regio

verschillen (5,6 °D - 14 °D) en is gemiddeld 8 °D. Drinkwater wordt steeds meer centraal onthard (norm hardheid 7 °D) waardoor leidingwater in de toekomst geen problemen meer zal geven voor gewasbeschermingsmiddelen. Wordt voor het spuiten van gewasbeschermingsmiddelen oppervlaktewater gebruikt dan kunnen grote verschillen in zuurgraad voorkomen. Niet alleen regionaal, per sloottype maar ook in de tijd als gevolg van algengroei kan de pH sterk variëren.



Figuur 4. Potentieel risico voor afname biologische effectiviteit bij gebruik van glyfosaat (naar De Ruiter & Lotz, 2003) afhankelijk van de hardheid van het leidingwater per gemeente in Nederland (Vewin 2002)

Samenvatting

De werkgroep driftreductie van de Commissie Vaktechniek Akkerbouw van LTO heeft vastgesteld, dat een aantal factoren van grote invloed is op de effectiviteit van een bespuiting. Naast weersomstandigheden, de gebruikte spuitapparatuur en het spuitvloeistof volume per ha is met name de kwaliteit van het tankmengsel van groot belang. Hierdoor kan de biologische activiteit en efficiency van de bespuiting aanzienlijk verschillen. Factoren die daarbij van invloed kunnen zijn: ijzergehalte, PH van het water, kalk, chloor en temperatuur.

Door middel van een deskstudie is een inventarisatie van alle beschikbare kennis op dit onderwerp opgesteld. In deze rapportage wordt deze kennis bijeengebracht. Onderscheid werd gemaakt naar de verschillende groepen van gewasbeschermingsmiddelen (fungiciden, insecticiden, herbiciden). Naast een literatuur recherche is ook een inventarisatie van grijze literatuur/documenten en aanwezige expertise op verschillende locaties in Nederland (PPO-vestigingen, waterbeheerders, gewasbeschermingsmiddel fabrikanten) gehouden.

Biologische effectiviteit en druppelgrootte

Grote effecten worden genoemd van toevoegmiddelen en formuleringen op het druppelgroottespectrum van spuitdoppen. De gevonden verschillen noemen zowel fijner wordende als grovere druppelgroottespectra in vergelijking met een bepaling met alleen water. Verschillen zijn soms zo groot dat spuitdoppen geclassificeerd als bv. Midden hierdoor in zowel de klasse Fijn als Grof kunnen komen.

Bij herbiciden wordt in veel gevallen (70%) gevonden dat een fijner druppelgroottespectrum bij gelijkblijvend spuitvolume een betere werking van het middel gaf. Dit beeld was consistent voor systemische middelen dan voor middelen met een contactwerking. Bij grasachtige onkruiden gaf een verkleining van het druppelgrootte spectrum een uitgesprokener relatie met verbeterde effectiviteit dan bij grovere spectra. Voor dicotylen was dit minder duidelijk. Uit recent onderzoek naar het gebruik van grofspectrum 'driftarme' doppen bij herbiciden blijkt dat dit doorgaans een geringere werking geeft. Voor fungiciden gebruik in granen is er geen eenduidig beeld in de relatie tussen druppelgroottespectrum en werking van de bestrijdingsmiddelen. In aardappelen en bloembollen gaven fungicidebespuitingen met een grover druppelgroottespectrum geen slechtere bescherming tegen schimmels dan de standaard. In uien werd bij de bestrijding van schimmelziekten wel een nadelig effect gevonden van het gebruik van grof spectrum spuitdoppen.

Biologische effectiviteit en waterkwaliteit

De biologische effectiviteit van gewasbeschermingsmiddelen kan beïnvloedt worden door de waterkwaliteit. Van de herbiciden glyfosaat, metsulfuron-methyl, MCPA-amine, sethoxydim en dicamba is de bestrijding van onkruid slechter wanneer hard water als tankvulling gebruikt wordt. Is de zuurgraad van het tankwater laag dan is de werking van 2,4-D minder. Is de zuurgraad basisch dan is de werking van metsulfuron-methyl lager en die van nicosulfuron hoger. Komen in het tankwater veel carbonaten/bicarbonaten voor dan neemt de werking van sethoxydim af. Wordt vanuit oppervlaktewater tankwater genomen dan kunnen kleideeltjes in oplossing zorgen voor een slechtere werking bij glyfosaat en paraquat. De slechtere werking van glyfosaat in hard water kan voorkomen worden door het toevoegen van ammoniumsulfaat aan de tankoplossing.

Er is weinig gevonden over de relatie tussen water en de werking van insecticiden. Deltamethrin zou beter werken bij een lage pH. Dit kwam in proeven onder Nederlandse omstandigheden bij de bestrijding van de rups van het grote koolwitje in spuitkool niet tot uiting.

Ook van fungiciden is weinig gevonden over de relatie tussen waterkwaliteit en biologische effectiviteit. Er wordt melding gemaakt van slechtere werking van benomyl, blasitacidin-S en captan bij een hoge pH.

De afbraak van gewasbeschermingsmiddelen in een waterige oplossing kan veroorzaakt worden door o.a. hydrolyse, adsorptie, microbiële afbraak en fotolyse. De afbraak van de stoffen wordt weer beïnvloed door o.a. de temperatuur, zuurgraad, organisch stof gehalte, zoutgehalte, kopergehalte en hardheid van het water. Afhankelijk van bijvoorbeeld de pH kan de halfwaardetijd veranderen van enkele dagen tot enkele uren of zelfs enkele minuten. Stoffen die binnen een dag (24 uur) voor de helft zouden kunnen afbreken zijn: bifenox, carbendazim, chloorfenvinfos, cymoxanil, desmedifam, fenmedifam, pirimicarb, quizalofop-P-butyl, rimsulfuron, thiram en vinchlozolin.

Waterkwaliteit in Nederland

Wanneer voor het bespuiten van gewassen leidingwater gebruikt wordt is de zuurgraad veelal geen probleem (pH 6-8). De hardheid van het water kan wel sterk per regio verschillen (5,6 °D - 14 °D) en is gemiddeld 8 °D. Drinkwater wordt steeds meer centraal onthard (norm hardheid 7 °D) waardoor leidingwater in de toekomst geen problemen meer zal geven voor gewasbeschermingsmiddelen. Wordt voor het spuiten van gewasbeschermingsmiddelen oppervlaktewater gebruikt dan kunnen grote verschillen in zuurgraad voorkomen. Niet alleen regionaal, per slootype maar ook in de tijd als gevolg van algengroei kan de pH sterk variëren.

Summary

The working group Drift Reduction of the Commissie Vaktechniek Akkerbouw of the Dutch farmers association LTO determined that a number of factors is of great influence for the effectivity of spraying crop protection products. Besides weather conditions, the used spraying equipment and the sprayed volume per ha especially the quality of the tank mix is of major importance. Differences in biological activity and efficiency can occur through variations in factors influencing the tank mix quality as: content of iron, chalk and chlorides, the liquid temperature and the acidity of the water.

By means of a deskstudy an inventory is made of available knowledge on this subject. In this report this knowledge is compiled. A differentiation is made to groups of crop protection products; fungicides, herbicides and insecticides. Apart from a literature research also an inventory is made of 'grey' literature and available expertise at different locations in the Netherlands (applied research locations, water control authorities, crop protection manufacturers).

Biological efficacy and drop size

Additives to tank mixes and formulations of crop protection products show to have major effects on nozzle spray quality. Compared to tap water drop size can as well increase as decrease because of formulation. This can shift spray classifications one class finer or coarser compared to the classification based on tap water.

With herbicides it was found that with equal spray volume a finer spray quality mostly (70%) increased biological efficacy. This picture was more consistent for systemic products than for contact products. With grassy weeds a finer spray quality gave a more clear relation with improved efficacy than coarse sprays. For dicotyledons this relation was less clear. Recent results of research using coarse spray quality 'low drift' nozzles show that these nozzle types usually have a lower efficacy with herbicides.

For fungicides used in cereals there is no clear relationship between spray quality and efficacy. In potatoes and flower bulb growing fungicide applications with coarse spray quality nozzles resulted in similar results of protection than the standard applications. In onions a decrease in protection against fungal diseases was found for coarse spray quality nozzles.

Biological efficacy and water quality

Biological efficacy of crop protection products can be influenced by water quality. With the herbicides glyphosate, metsulfuron-methyl, MCPA-amine, sethoxydim and dicamba the control of weeds is reduced when hard water is used in the tank mix. When the tank water is acid efficacy of 2,4-D is reduced. When basic, the efficacy of metsulfuron-methyl is reduced and of nicosulfuron is increased. With high concentrations of carbonates/bicarbonates in the tank mix the efficacy of sethoxydim is reduced. When tank water is taken from surface water sources like ditches clay particles in the water can cause reduced efficacy with glyphosate and paraquat. Adding ammoniumsulphate to the tank mix can prevent reduced efficacy of glyphosate in hard water tank mixes.

Little information was found on the effect of water quality on the efficacy of insecticides. Deltamethrin is assumed to have an increased efficacy with acid tank water. However in experiments in Dutch conditions with the control of caterpillars of cabbage white butterfly in Brussels sprouts this was not shown.

Also little was found on effects of water quality and the efficacy of fungicides. Lower biological efficacy is reported of benomyl, blasticidin-S and captan in basic conditions of the tank water.

The degradation of crop protection products in aqueous solutions can a.o. be caused by hydrolysis, adsorption, microbial degradation and photolysis. This degradation is influenced by temperature, acidity, organic carbon content, salt content, copper content and hardness of the water. Depending on e.g. the pH the halflife of a product can change from some days to hours or even minutes. Products that are said to degrade within a day period (24 hours) are: bifenox, carbendazim, chlorfenvinphos, cymoxanil, desmedipham, phenmedipham, pirimicarb, quizalofop-P-butyl, rimsulfuron, thiram and vinchlozolin.

Water quality in the Netherlands

When for the application of crop protection products tap water is used acidity is mostly no problem as pH varies between 6 and 8. Hardness of the tap water can vary strongly between regions in the Netherlands (5,6 °D - 14 °D) and is on average 8 °D. As tap water is more and more deionised less problems will occur in the future. When surface water is used for spraying crop protection products large differences in acidity can occur. Not only regionally and for surface water types but also in time during the season acidity of surface water can vary a.o. because of growth of algae in the water.

Literatuur

- Barber, J.A.S., C.S. Parkin & A.B.M.N.U. Chowdhury, 2003. Effect of application method on the control of powdery mildew (*Bulmeria graminis*) on spring barley. Crop Protection 22(2003): 949-957
- Bartlett, D.W., J.M. Cloughm J.R. Godwin, A.A. Hall, M. Hammer & B. Parr-Dobrzanski, 2002. Review, The strobilurin fungicides. Pesticide Management Science 58(2002): 649-662
- Beltran, E., H. Fenet, J.-F. Cooper & C.-M. Coste, 2001. Kinetics of chemical degradation of isoxflutole: influence of the nature of aqueous buffers (alkanoic acid/sodium salt vs phosphate). Pesticide Management Science 57(2001): 366-371
- Berger, B.M., M. Müller & A. Eing, 2002. Quantitative structure-transformation relationships of sulfonylurea herbicides. Pest Management Science 58(2002): 724-735
- Boulkamh A., D. Harakat, T. Sehili & P. Boule, 2001. Phototransformation of metoxuron [3-(3-chloro-4-methoxyphenyl)-1,1-dimethylurea] in aqueous solutions. Pest Management Science 57(2001): 1119-1126
- Bouse, L.F., I.W. Kirk & L.E. Bode, 1990. Effect of spray mixture on droplet size. Transactions of the ASAE 33(1990)3: 783-788
- Butler Ellis, M.C. & C.R. Tuck, 2000. The variation in characteristics of air-included sprays with adjuvants. Aspects of Applied Biology 57, Pesticide Application. Wellesbourne. 2000. 155-162
- Calmon, J.P. & D.R. Sayag, 1976. Kinetics and mechanics of conversion of methyl 1-(Butylcarbamoyl)-2-benzimidazolecarbamate (Benomyl) to Methyl 2-Benzimidazolecarbamate (MBC). J. Agric. Chem 24(1976)2: 311-314
- Cawood, P.N., T.H. Robinson & S. Whittaker, 1995. An investigation of alternative application techniques for the control of black-grass. British Crop Protection Council, Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Weeds 1995. Farnham. 1995. p.521-527
- Chafik, N., M. Mansour, B. Elamrani, K.W. Schramm, A. Kettrup & K. Elamrani, 2001. Application of coupled liquid chromatography-mass spectrometry in photolysis studies of the herbicide triflurosulfuron-methyl. Pest Management Science 57(2001): 527-530
- Csorba, C., E.C. Hislop & N.M. Western, 1995. Options for reduced volume “coarse” droplet spraying. British Crop Protection Council, Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Weeds 1995. Farnham. 1995. p.513-520
- Curran, W.S.; Loux, M.M.; Liebl, R.A.; Simmons, F.W.; Photolysis of imidazolinone herbicides in aqueous solution and on soil; Weed Science, 1992, 40: 1, 143-148

- Debroize, D. & J. Denoirjean, 2000. Spray application research in field crops in France. Evaluation of new nozzle type. Aspects of Applied Biology 57, Pesticide Application. Wellesbourne. 2000. 251-256
- De Villiers, B.L., R.C. Lindeque & H.H. Knobel, 1996. Calcium and magnesium in spray carriers antagonize glyphosate performance. *Toegepaste Plantwetenskap* 10(1996)1: 10-11
- DLV, 2002. DLV-adviezenboekje Gewasbescherming bloembollen en bolbloemen 2002.
- Dorn, E., G. Görlitz, R. Heusel & K. Stumpf, 1992. Verhalten von Glufosinat-ammonium in der Umwelt - Abbau im und Einfluss auf das Ökosystem. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, Sonderheft XIII*. 1992. p.459-468
- Durham, J.J., J. Ogato, S. Nakajima, Y. Hagiwara & T. Shibamoto, 1999. Degradation of organophosphorus pesticides in aqueous extracts of young green barley leaves (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79(1999): 1311-1314
- El-Azzouzi, M., *et al*; pH-effect on photochemical degradation of imazapyr in aqueous solution; Human and environmental exposure to xenobiotics; Proceedings of the XI Symposium Pesticide Chemistry, Cremona, Italy, 11-15 September, 1999, 289-292
- El-Dib, M.A.; Aly, O.A.; Persistence of some phenylamide pesticides in the aquatic environment; *Water research*, 1976, 10:1047-1050
- Falb, L.N.; Bridges, D.C.; Smith, A.E. Jr.; Effects of pH and adjuvants on clethodim photodegradation; *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1990, 38: 3, 875-878
- Feng, P.C.C., T. Chiu, R.D. Sammons & J.S. Ryerse, 2003. Droplet size affects glyphosate retention, absorption, and translocation in corn. *Weed Science* 51(2003): 443-448
- Gal, E., P. Aires, E. Chamarro & S. Esplugas, 1992. Photochemical degradation of parathion in aqueous solutions. *Water Research* 26(1992)7: 911-915
- Galichet, F., G. Mailhot, F. Bonnemoy, J. Bohatier & M. Bolte, 2002. Iron(III) photo-induced degradation of isoproturon: correlation between degradation and toxicity. *Pesticide Management Science* 58(2002): 707-712
- Garcia-Repetto, R. et. al.; The influence of pH on the degradation of kinetics of some organophosphorous pesticides in aqueous solutions; *Veterinary and Human Toxicology*, 1994, 36:3, 202-204
- Gaskin, R.E., G.S. Elliott, J.P. Munro & R.J. Murray, 2001. Improving spray performance on onioncrops with novel organosilicone adjuvant blends. Symposium on Adjuvants for Agrochemicals ISAA 2001 (editor H. de Ruiter), 13-17 August 2001, Amsterdam: p. 327-332
- Gauvrit, C. 1999. Un effet à apprécier à sa juste valeur, Dureté de l'eau et efficacité de l'herbicide; *Perspectives Agricoles*, no 251, nov. 1999, 7 pp

Gauvrit, C., J.-C. Gaudry, T. Lucotte & F. Cabanne, 2000. Evidences for a 1:1-Ca²⁺ : glyphosate association in deposit residuals on leaf surface. Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Gent, 65/2a, 2000:77-86

Green, J.M., 2001. Factors that influence adjuvant performance. Proceedings of International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals ISAA 2001 (editor H. de Ruiter), 13-17 August 2001, Amsterdam: p. 179-190

Green, J.M. & W.R. Cahill, 2003. Enhancing the biological activity of Nicosulfuron with pH adjusters. Weed Technology 17(2003):338-345

Glooschenko and Maguire, 1982. *Environmental impact and significance of pesticides*,
Green, J.M. & W.R. Cahill, 2003. Enhancing the biological activity of nicosulfuron with pH adjusters. Weed Technology 17(2003): 338-345

Harrison, S.K.; Wax, L.M.; The effect of adjuvants and oil carriers on photodecomposition of 2,4-D, bentazon and haloxyfop; Weed Science. 1986, 34: 1, 81-87

Hartzler, B., 2003. Effect of carrier pH on Accent activity.
www.weeds.iastate.edu/mgmt/2003/accenpH.html

Hessler, D.P.; Gorenflo, V.; Frimmel, F.H.; Degradation of aqueous atrazine and metazachlor solutions by UV and UV/H₂O₂ - influence of pH and herbicide concentration; Acta-Hydrochimica-et-Hydrobiologica. 1993, 21: 4, 209-214

Hewitt, A.J., E.W. Huddleston, R. Sanderson & J.B. Boss, 1993. Effect of adjuvants and formulations on aerial spray drift potential. Pesticide Science 37(1993)2: 209-211

Hewitt, A.J., 2000. Spray drift: impact of requirements to protect the environment. Crop protection 19(2000): 623-627

Hewitt, A.J., 2001. Spray optimization through application and liquid physical property variables. Pesticide formulation and application, How to reduce side effects by means of new methods. Proceedings of a two day international symposium: Opdenkamp, 15&16 January 2001 Scheveningen. 2001.

Holloway, P.J, M.C. Butler Ellis, D.A. Webb, N.M. Western, C.R. Tuck, A.L. Hayes & P.C.H. Miller, 2000. Effects of some agricultural tank-mix adjuvants on the deposition efficiency of aqueous sprays on foliage. Crop Protection 19(2000): 27-37

Holterman, H.J., H.A.J. Porskamp & J.C. van de Zande, The effect of adjuvants on drop size spectrum and spray drift. AgEng Oslo, 98-E-055, Oslo, 1998.

Humble G.D. & C.A. Burga, 2001. New relationships between spray volume and silicone surfactant use rates in herbicide performance. Proceedings of International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals ISAA 2001 (editor H. de Ruiter), 13-17 August 2001, Amsterdam: p. 218-223

- Huston, P.L.; Pignatello, J.J., 1999. Degradation of selected pesticide active ingredients and commercial formulations in water by the photo-assisted Fenton reaction; *Water-Research-Oxford*, 33(1999)5: 1238-1246
- Jensen, P.K., 2002. Influence of air-assistance to flat fan and air-induction nozzles and the use of nozzle sledge on the activity of haloxyfop against ryegrass. *Aspects of Applied Biology* 66, International advances in pesticide application. Wellesbourne. 2002. 73-78
- Jensen, P.K., Jørgensen, L.N. & Kirknel, E., 2001. Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low drift and twin fluid nozzles
- Jonkheer, E.. Middelen gevoelig voor water. Lagere dosering mogelijk bij zacht water met lage pH. *Oogst* 13(2000)15: 46-47
- Keum, Y.-S., J.-H. Kim, Y.-W. Kim & Q. X Li, 2002. Photodegradation of diafenthiuron in water. *Pest Management Science* 58(2002): 496-502
- Knoche, M., 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. *Crop protection* 13(1994)3: 163-178
- Knott, C.M., 1995. Evaluation of downwards air assisted sprays in peas and beans. *British Crop Protection Council, Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Weeds* 1995. Farnham. 1995. p.1099---1106
- Koster, A.Th.J., L.J. va.d. Meer, J.C. van de Zande, J.M.G.P. Michielsen & H. Stallinga, 1999. Spuiten met venturidoppen effectief tegen vuur. *Bloembollencultuur* (1999)10:42-43
- Koster, A.Th.J., 2002. schriftelijke mededeling: dompelbaden+watertemperatuur
- Koster, A.Th.J., 2003. schriftelijke mededeling: dompelbaden
- Liu, B., L.L. McConnell & A. Torrents, 2001. Hydrolysis of chlopyrifos in natural waters of the Chesapeake Bay. *Chemosphere* 44(2001): 1315-1323
- Mallipudi, N.M. *et al*; Photolysis of imazapyr (AC 243997) herbicide in aqueous media; *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1991, 39: 2, 412-417
- Marsella, A.M., M. Jaskolka & S.A. Mabury, 2000. Aqueous solubilities, photolysis rates and partition coefficients of benzoylphenylurea insecticides. *Pesticide Management Science* 56(2000): 789-794
- Marshall, D.J., T.H. Robinson & T.A.J. Scott, 2000. The effects of forward speed, spray quality and nozzle types on the deposition and biological performance of strobilurin fungicide. *Aspects of Applied Biology* 57, Pesticide Application. Wellesbourne. 2000. 235-242
- McMullan, P.M., 1994. Effect of sodium bicarbonate on clethodim or quizalofop efficacy and the role of ultraviolet light; *Weed Technology*, 8(1994)3: 572-575

- McMullan, 1995. Effect of spray volume, spray pressure and adjuvant volume on efficacy of sethoxydim and fenoxaprop-p-methyl. *Crop Protection* 14(1995)7: 549-554
- McMullan, P.M., 1996. Grass herbicide efficacy as influence by adjuvant, spray solution pH, and ultraviolet light; *Weed Technology*, 10(1996)1: 72-77
- McWhorter, C.G. & J.E. Hanks, 1993. Effect of spray volume and pressure on postemergence Johnsongrass (*Sorghum halepense*) control. *Weed Technology* 7(1993): 304-310
- Mersie, W.; Foy, C.L.; Effects of acidity of simulated rain and its influence on the phytotoxicity of chlorsulfuron on velvetleaf and barley; *Environmental and Experimental Botany*, 1986, 26: 4, 341-347
- Meunier, L. & P. Boule, 2000. Direct and induced phototransformation of mecoprop [2-(4-chloro-2-methylphenoxy)propanoic acid] in aqueous solution. *Pesticide Management Science* 56(2000): 1077-1085
- Meunier, L., E. Gauvin & P. Boule, 2002. Photochemical behaviour of dichlorprop [(+/-)-2-(2,4-dichlorophenoxy)propanoic acid] in aqueous solution. *Pesticide Management Science* 58(2002): 845-852
- Nalewaja, J.D. & R. Matysiak, 1991. Salt antagonism of glyphosate. *Weed Science* 39(1991):622-628
- Nalewaja, J.D. & R. Matysiak, 1993. Spray carrier salts affect herbicide toxicity to kochia (*Kochia scoparia*); *Weed Technology* 7(1993)1: 154-158
- Nalewaja, J.D. & R. Matysiak, 1993. Influence of diammonium sulfate and other salts on glyphosate phytotoxicity. *Pesticide Science* 38(1993): 77-84
- Nalewaja, J.D. & R. Matysiak, 2001. Nicosulfuron response to adjuvants, salts, and spray volume. *Proceedings of International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals ISAA 2001* (editor H. de Ruiter), 13-17 August 2001, Amsterdam: p. 304-314
- Nalewaja, J.D., F.A. Manthey, F.E. Szelezniak & J. Anyska, 1989. Sodium bicarbonate antagonism of Sethoxydim. *Weed Technology* 3(1989):654-658
- Navarro, S., A. Barba, J.C. Segura & J. Oliva, 2000. Disappearance of endosulfan residues from seawater and sediment under laboratory conditions. *Pesticide Management Science* 56(2000): 849-854
- Oomen, C., 2001. Schriftelijke mededeling. Halfwaardetijd insecticiden.
- Oxley, S.J.P, Davies, D.H.K., Evans, K.A., Burnett, F.J.; Investigation into the influence of water quality on the efficacy of reduced doses of pesticides, 1998, 56 pp **vertrouwelijk rapport**

- Paauw, J.G.M., 2002. Waterkwaliteit en werking van insecticiden in kool (2001). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Sector AGV. Projectrapport 1235356, Lelystad. 21p.
- Pelizzetti, E. *et al*, Degradation of atrazine in soil through induced photocatalytic processes; Soil Science, 1990, 150: 20, 523-526
- Porskamp, H.A.J., H.J. Holterman, J.M.G.P. Michielsen & J.C. van de Zande, 2002. Effect fluazinam-formulering en additieven op druppelgrootte. Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen, IMAG-Nota P2002-12. 2002. 16p.
- Powell, E.S., J.H. Orson, P.C.H. Miller, P. Kudsk & S. Mathiassen, 2002. Defining the size of target for air induction nozzles. Aspects of Applied Biology 66, International advances in pesticide application. Wellesbourne. 2002. 65-72
- Ramsdale, B.K. & J.D. Nalewaja, 2001. Adjuvants influence herbicide efficacy at low spray volumes. Proceedings of International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals ISAA 2001 (editor H. de Ruiter), 13-17 August 2001, Amsterdam: p. 224-229
- Reeves Petroff, 2003a. *Waterquality and pesticide performance*. Montana State University Extension Service. (scarab.msu.Montana.edu/extension)
- Reeves Petroff, 2003b. *Water effects on pesticide performance*. Montana State University Extension Service. (scarab.msu.Montana.edu/extension)
- Reeves Petroff, 2003c. *Pesticide interactions and compatibility*. Montana State University Extension Service. (scarab.msu.Montana.edu/extension)
- Robinson, T.H., T.A.J. Scott & D.J. Marshall, 2000. The effect of nozzle angle and nozzle types on the deposition and biological performance of potato blight fungicides. Aspects of Applied Biology 57, Pesticide Application. Wellesbourne. 2000. 267-272
- Ruiter, H. De & B. Lotz, 2003. Hef nadelig effect hard water op glyfosaat op. Boerderij/Akkerbouw 88(11 maart 2003)5: 9
- Ruiter, H. De, R.A. Downer, A.J.M. Uffing, T.A. Ebert, P.J.J. Pikaar & F.R. Hall, 2001. The influence of inorganic cations on glyphosate activity-review and perspectives. Pesticide Formulations and Application Systems: A new century for Agricultural Formulations, 21st Volume, ASTM STP 1414, J.C. Meuninghoff, A.K. Viets & R.A. Downer eds., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA. 2001. 23-36
- Salvestrini, S., P. Di Cerbo & S. Capasso, 2002. Kinetics of the chemical degradation of diuron. Chemosphere 48(2002): 69-73
- Samanta, S.; Kole, R.K.; Chowdhury-A; Photodegradation of metsulfuron methyl in aqueous solution; Chemosphere. 1999, 39: 6, 873-879

- Sarmah, A.K., R.S. Kookana, M.J. Duffy, A.M. Alston & B.D. Harch, 2000. Hydrolysis of triasulfuron, metsulfuron-methyl and chlorsulfuron in alkaline soil and aqueous solutions. *Pesticide Management Science* 56(2000): 463-471
- Schepers, H.T.A.M. & R. Meier, 2001. Effect of an organosilicone adjuvant on the biological efficacy of fungicides applied with low-drift air induction nozzles in potato and onion. *Proceedings of International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals ISAA 2001* (editor H. de Ruiter), 13-17 August 2001, Amsterdam: p. 245-250.
- Singh, R.P. & M. Chiba, 1985. Solubility of Benomyl in water at different pHs and its conversion to Methyl 2-Benzimidazolecarbamate, 3-Butyl-2,4-dioxo[1,2-a]-s-triazinobenzimidazole, and 1-(2-Benzimidazole)-3-n-butylurea. *J. Agric. Food Chem.* 33(1985):63-67
- Southcombe, E.S.E., P.C.H. Miller, H. Ganzelmeier, J.C. van de Zande, A. Miralles & A.J. Hewitt, 1997. The international (BCPC) spray classification system including a drift potential factor. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference - Weeds*, 1997. November 1997. Brighton. UK. p.371-380.
- Spanoghe, P., W. Steurbaut & R. de Smet, 2001. Physicochemical factors influencing glyphosate uptake in soft and hard water. *Proceedings of International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals ISAA 2001* (editor H. de Ruiter), 13-17 August 2001, Amsterdam: p. 537-543
- Spanoghe, P., W. Steurbaut & P. van der Meeren, 2002. The effect of adjuvants on spray performance by use of nozzles with different orifices. *Aspects of Applied Biology* 66, *International advances in pesticide application*. Wellesbourne. 2002. 251-256
- Strek, H.J.; Fate of in the environment. 1. Laboratory evaluations; *Pesticide-Science*, 1998, 53: 1, 29-51; 3 pp.
- Szelezniak, E.; Influence of mineral salts on sethoxydim phytotoxicity; *Pamiętnik-Pulawski*. 1996,no.108, 59-69
- Tomlin, C.D.S., 1997. *Pesticide Manual*; 11th Edition. British Crop Protection Council, Farnham. 1997. 1606p.
- Van der Schans, D.A. & M.G. van Zeeland, 2002a. Invloed van dootype en hulpstof op de werking van herbiciden in uien. (AGV4099, 2002). *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, Sector AGV, PPO 1232015, Lelystad. 2002. 25p.
- Van der Schans, D.A. & M.G. van Zeeland, 2002b. Invloed van dootype en hulpstof op de werking van herbiciden in suikerbieten. (KP510, 2002). *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, Sector AGV, PPO 1232015, Lelystad. 2002. 30p.
- Van Es, H.M. & N.M. Trautmann, 1998. *Pesticide management for water quality; Principles and practices*. Cornell University, Ithaca, NY, USA. 1998. 15p. (pmep.cce.cornell.edu)

- Vialation, D., D. Baglio, A. Paya-Perez & C. Richard, 2001. Photochemical transformation of acifluorfen under laboratory and natural conditions. *Pesticide Management Science* 57(2001): 372-379
- VenW, VROM, LNV, VWS en SZW, 2000. Lozingenbesluit open teelt en veehouderij. *Staatsblad* 2000 43, 117pp.
- Vewin, 2003. Hard en zacht water, Vewin Informatieblad. (www.vewin.nl)
- Villiers, B.L.; Smit, H.A.; Optimizing MCPA (K-salt) activity with adjuvants; *South African Journal of Plant and Soil*, 200,17:2, 63-65
- Wanamarta, G. ; Penner, D. ;Kells, J.J.; The basis of bentazon antagonism on sethoxydim absorption and activity; *Weed Science*, 1989, 37:3, 400-404
- Waterbase, 2003. waterkwaliteitsgegevens van Nederlands landelijk watermonitoringsprogramma op www.waterbase.nl
- Whitwell, T.; Kalmowitz, K.; Stapleton, G.S.; Postemergence grass herbicide activity changes with adjuvant and pH and sodium level in spray solutions; *Journal of Horticulture*, 1992, 10:1, 55-58
- Windey, S., T. van Canneyt & J. Langenakens, 2002. Aardappelloof goed dood met gangbare doppen en hogere watervolumes. *Landbouwmechanisatie* 53(2002)2: 28-29
- Wolf, T.M., 2000. Low-drift nozzle efficacy with respect to herbicide mode of action. *Aspects of Applied Biology* 57, Pesticide Application. Wellesbourne. 2000. 29-34
- Wolf, T., 2002. Optimising herbicide performance – biological consequences of using low-drift nozzles. *Aspects of Applied Biology* 66, International advances in pesticide application. Wellesbourne. 2002. 79-86
- Zeeland, M.G. van, W. van den Berg, D. A. van der Schans, 2002. Invloed van pH en hardheid van water op de effectiviteit van herbiciden. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Sector AGV. Publicatienummer 1236349, Lelystad. 32p.*
- Zande, J.C. van de, H.A.J. Porskamp & H.J. Holterman, 2001. Effect of formulation of crop protection products on drop size at different distances when using a Low Volume Mister in Greenhouses. *ISAA2001, Amsterdam. 2001. 569-574*
- Zande, J.C. van de, R. Meier en M.T. van IJzendoorn. 1994 - Air-assisted spraying in winter wheat -Results of deposition measurements and the biological effect of fungicides against leaf and ear diseases. *British Crop Protection Council, Brighton Crop Protection Conference 1994; Pests and Diseases, pp. 313-318*
- Zande, J.C. van de, 1995. Deposit measurements and biological efficacy, the effects of volume rate and air assistance on weed control. *British Crop Protection Council, Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Weeds 1995. Farnham. 1995. p.1135-1140*

Zande, J.C. van de, R. Meier & M.T. van Ijzendoorn, 1996. Spraying in field vegetables: deposit and biological efficacy, the effects of volume rates, dose, spray interval and air assistance on disease control. British Crop Protection Council, Brighton Crop Protection Conference 1996; Pests and Diseases, pp. 343-348

Zande, J.C. van de, H.A.J. Porskamp, J.M.G.P. Michielsen, M.T. Van Ijzendoorn & R. Meier, 1999. Spray deposition and biological efficacy in potatoes. In: J. Pabis & R.S. Rowinski, 1999. Papers presented at the Techniques for Plant Protection Conference, TPP, International Conference Warsaw – Poland, 23-26.05.1999. Warsaw Agriculture University, Warsaw. pp.117-125

Zhu, H., R.W. Dexter, R.D. Fox, D.L. Reichard, R.D. Brazee & E. Ozkan, 1997. Effects of polymer composition and viscosity on droplet size of recirculated spray solutions. Journal of Agricultural Engineering Research 67 (1997)1: 35-45

Bijlagen

Bijlage A: Onderzochte middelen door SAC en ITCF/INRA* op pH en hardheid

Bijlage B: Lijst middelen gevoelig voor hydrolyse

Bijlage C: Chemische parameters gewasbeschermingsmiddelen uit Tomlin (1997)

Bijlage D: Lijst van waterhardheid in Nederland 2002 (Vewin)

Bijlage A. Onderzochte middelen door SAC en ITCF/INRA* op pH en hardheid (naar Zeeland *et al.*, 2002)

onderzochte middelen	werkzame stof	getest op	instituut	pH en hardheid water	opmerkingen
glyfosaat sulfosaat	Glyfosaat (verschillende formuleringen)	onder veldomstandigheden	ITCF/INRA	formuleringen verschillen in gevoeligheid voor hard water, veel producten werken minder goed bij gebruik hard water	ammoniumsulfaat en Génamin (hulpstof) effectief bij hard water, toevoeging van zuur kan werking verbeteren, bij zeer zacht water wordt werking door lage pH niet beter
Ally	metsulfuron-methyl	muur	SAC	gemiddelde waterhardheid (113 mg Ca/l geeft verminderde activiteit	De pH's van de waterkwaliteiten verschilden weinig. Het gebruikte water met een gemiddelde hardheid had een hoge zuur en alkalische buffercapaciteit in vergelijking met het zachte water en had ten opzichte van het harde water een gereduceerde alkali:zuur-ratio. Deze en andere factoren die gerelateerd zijn aan de verschillen in ionensamenstelling van het water kunnen er voor zorgen dat Ally anders reageert in de verschillende watertypen. Dit vergt nader onderzoek.
Lexus	Flupyrsulfuron	muur	SAC	verminderde werking in zuur water door verminderde oplosbaarheid	
Duplosan	mecoprop-p	muur	SAC	weinig verschil in watertypen, na 14 dagen, iets minder werking bij hard water	
deloxynil	bromoxynil/ioxynil	muur	SAC	bij zacht water en gedeïoniseerd water minder werking	
Arelon	Isoproturon	muur, duist	SAC	bij zacht water (muur en duist) en gedeïoniseerd water (alleen duist) minder werking	
Dagger	Imazamethabenz	duist		geen effect van watertypen	

* SAC = Scotisch Agricultural College in Edinburgh, ITCF = Institut Technique des Céréales et des Fourrages in Boigneville, INRA = Institut National de la Recherche Agronomique

Bijlage B. Lijst middelen gevoelig voor hydrolyse (naar Zeeland *et al.*, 2002)

werkzame stof	reactie	referentie
clethodim	pH > degradatie toevoeging hulpstof verhoogt effectiviteit bij hoge pH (NH ₄) ₂ SO ₄ heft NaHCO ₃ antagonisme op	Falb <i>et al.</i> , 1990 McMullan, 1996 81, McMullan, 1994
chloorsulfuron	geen effect lage pH lage pH versnelde afbraak	Mersie & Foy, 1986 Strek, 1998
imazapyr	lage pH i.c.m. zonlicht zorgt voor hogere halfwaardetijd geen effect van pH gevoelig voor UV	10 Mallipudi, 1991 Curran <i>et al.</i> , 1992
imazaquin	gevoelig voor UV	Curran <i>et al.</i> , 1992
metsulfuron-methyl	degradatie door UV	Samanta & Kole, 1999
dicamba	Fenton reactie, bij lage pH reactie met Fe ³⁺ (NH ₄) ₂ SO ₄ heft CaCl ₂ - antagonisme op	Huston & Pignatello, 1999 Nalewaja & Matysiak, 1993
glyfosaat	Fenton reactie, bij lage pH reactie met Fe ³⁺	Huston & Pignatello, 1999
atrazin	Fenton reactie, bij lage pH reactie met Fe ³⁺ geen effect van pH in afwezigheid van H ₂ O ₂ bij afbraak o.i.v. zonlicht	Huston & Pignatello, 1999 Hessler <i>et al.</i> , 1993
2,4 D	(NH ₄) ₂ SO ₄ heft CaCl ₂ - antagonisme op	Nalewaja & Matysiak, 1993
bentazon	Na-ionen aan bentazon geven antagonisme i.c.m. sethoxydim	Wanamarta <i>et al.</i> , 1989 Nalewaja <i>et al.</i> , 1989
sethoxydim	pH heeft geen invloed op kationenantagonisme pH 9 + Na (150ppm) geeft verminderd effect, toevoeging van hulpstof heft dit op (NH ₄) ₂ SO ₄ en NH ₄ NO ₃ heft werking NaHCO ₃ op	Szelezniak, 1996 Whitwell <i>et al.</i> , 1992; Nalewaja <i>et al.</i> , 1989 Nalewaja <i>et al.</i> , 1989
metazachlor	geen effect van pH in afwezigheid van H ₂ O ₂ bij afbraak o.i.v. zonlicht	Hessler <i>et al.</i> , 1993
MCPA	CaCl ₂ -antagonisme tegengaan met (NH ₄) ₂ SO ₄ en NH ₄ NO ₃ toevoeging hulpstof helpt ook	Villiers <i>et al.</i> , 2000; Nalewaja & Matysiak, 1993
phenylamiden	alleen bij extreem hoge pH	El-Dib & Aly, 1976
organische fosforverbindingen (dimethoat, parathion)	reactie op pH	Garcia-Repetto, 1994

Bijlage C: Chemische parameters gewasbeschermingsmiddelen uit Tomlin (1997)

Bijlage C	Naar: Tomlin (1997)		
Werkzame stof	Merken	type	opmerkingen
			tijd / Temp / kalk - hardheid / Cl ⁻ / pH / Fe ⁺⁺
2,4-D	2,4-D/ diverse merken	herbicide	vormt zouten met alkali-metalen + amines/ hardwater geeft neerslag dit wordt opgelost door toevoegingen aan de formulering
2,4-D/dicamba	JEPOLINEX		
2,4-D/dicamba/MCPA	AA MIX	herbicide	
2,4-D/dicabalmecoprop-p	LUXAN DICAMIX D VLOEIBAAR	herbicide	
2,4-D/MCPA	ANTI-KIEK	herbicide	
acefaat	ORTHENE	insecticide	stabiel voor hydrolyse DT50(40oC): 60h-pH9 / 710h -pH3
acлонifen	CHALLENGE	herbicide	langzame afbraak in licht, stabiel tussen pH3-pH9 (steriel)
acлонifen/linuron	MIRABO	herbicide	
aldicarb	TEMIK 10 G GYPSUM	insecticide	stabiel in neutraal, zuur en zwakbasisch milieu / hydrolyse met geconcentreerde alkali
aluminiumfosfide	LUXAN MOLLENTABIETTEN		
amidosulfuron	GRATIL	herbicide	DT50(33oC): 9d-pH5; 365d - pH7, 365d - pH9 (25oC)
amitrol	WEEDAZOL	herbicide	stabiel in neutraal, zuur en basisch milieu
asulam	ASULOX	herbicide	stabiel in kokend water >= 6h/ stabiel pH8.5 (20oC) > 4 j
azoxystrobine	AMISTAR	fungicide	DT50 fotolyse (water) 11-17d
benornyl	BENLATE	fungicide	licht stabiel afbraak in sterk zuur + sterk basisch milieu/ langzaam in water/ zuur: katalyse afbraak in water
bentazon	BASAGRAN	herbicide	breekt af in zonlicht, zeer resistent tegen hydrolyse in zuur en basisch milieu
bentazon/mecoprop-P	BASAGRAN P DUPLO		
bentazon/terbutylazin	LADDOK N		
bifenox/isoproturon	BIFENIX N	herbicide	T stabiel tot 175oC / stabiel in licht zuur + licht alkalisch milieu/ snelle hydrolyse boven pH 9; DT50 24min in verzadigde waterige oplossing
bifenox/mecoprop-P	VERIGAL D		
brodifacum	KLERAT PELLET		
bromadiolon	ARVICOLEX		
bromadiolon	SUPER CAID HAVERKORRELS		
bromoxynil	BROMOTRIL 250 SC	herbicide	zeer stabiel in verdunde zuren en basen/ stabiel voor UV licht

bromoxynil	LITAROL	herbicide	
bromoxynil/MCPA/mecoprop-P	CERTROL COMBIN D		
bromoxynil/pyridaat	BROPYR		
carbeetamide	LEGURAME VLOEIBAAR		
carbendazim	carbendazim - diverse merken	fungicide	afnemende oplosbaarheid bij toenemende pH: 29 mg/l -pH4 , 7 mg/l - pH 7 / T stabiel / licht stabiel / langzame afbraak in alkalische oplossingen DT50 > 350 d (pH5+pH7), 24 d - pH9 / stabiel in zuur milieu
carbendazim/imazalil	WINNER		
carbendazim/thiram	AATOPAM N		
carbofuran	CURATER-VLOEIBAAR	insecticide	instabiel in alkalische oplossingen, stabiel in neutrale en zure oplossingen / DT50 (22oC) >>1yr - pH4, 121 d -pH7, 31 h - pH9
carfentrazone-ethyl	AURORA		
carfentrazone-ethyl	SPOTLIGHT		
chloorfacinon	FINITO-VELDMUISKORRELS		
chloorfenvinfos	BIRLANE GRANULAAT	insecticide	langzame hydrolyse in neutraal, zuur en licht alkalische oplossingen DT50 (38oC): >700h - pH1,1, >400h - pH9,1, DT50 (20oC): 1,28h - pH13
ohloorfenvinfos	BIRLANE VLOEIBAAR	insecticide	
chloormequat	CECECE		
chloorprofam	chloorprofam - diverse merken	herbicide	stabiel voor UV-licht / langzame hydrolyse in zuur en alkalische media
chloorprofam	GRO-STOP BASIS		
chloorprofam	GRO-STOP POEDER		
chloorprofam	GRO-STOP S.C.		
chloorthalonil	chloorthalonil - diverse merken	fungicide	stabiel bij omgevingstemperatuur / in waterige oplossingen UV-licht stabiel / stabiel in zure en licht alkalische waterige oplossingen / langzame hydrolyse bij pH>9
chloorthalonil/prochloraz	ALLURE VLOEIBAAR		
chloorthalonil/propamocarb	TATTOO C		
chloridazon	PYRAMIN DF	herbicide	temperatuur stabiel tot 50-oC: > 2j / stabiel in waterige oplossingen pH3-9 DT50 (kunstlicht) 150 h - pH7 water
cinidon-ethyl	VEGA EC		
clodinafop-propargyl	TOPIK 240 EC		
clomazone	CENTIUM 360 CS		
clopyralid	LONTRELIOO		

cyazofamid	RANMAN		
cycloxydirn	FOCUS PLUS		
cyfiuthrin	BAYTHROID-VLOEIBAAR		
cymoxanil/famoxadone	TANOS	fungicide	hydrolyse DT50: 148d - pH5, 34h - pH7, 31m - pH9 / licht gevoelig / afbraak in milieustudies DT50 < 1d in water
cymoxanil/metiram	AVISO DF		
cyproconazooi	CADDY		
cyproconazool/prochloraz	SPORTAK DELTA HF		
deltamethrin	DECIS	insecticide	stabiel in lucht, licht, meer stabiel in zure dan in alkalische media DT50 (25oC) 2,5d - pH9
desmedifam		herbicide	stabiel in zuur media / hydrolyse in neutraal en alkalische media / temperatuur stabiel (70oC ->>2j) / in waterige oplossing DT50:224h - pH3 licht 380nm / hydrolyse DT50 70d - pH5, 20h - pH7, 10min pH9
desmedifam / fenmedifam / ethofurnesaat	PROGRESS OF BETANAL		
dicamba	BANVEL 4 S	herbicide	hydrolyse onder normale omstandigheden
dicamba/MCPA/mecoprop-P	AABANTYL COMBI		
dichlobenil	CASORON G	herbicide	temperatuur stabiel / stabiel in zure media / snelle hydrolyse in sterke alkalische media / foto afbraak inwater DT50 10,2d
difenacum	RATAK e.a. (800 gr/koker)		
difenoconazooi	SCORE 250 EC		
difethialon	FRAP		
diflufenican/ioxynil/isoproturon	AZUR		
diflufenican/isoproturon	JAVELIN		
dimethenamid-P	FRONTIER OPIMA	herbicide	stabiel bij pH5-pH9: 30d
dimethoaat	dimethoaat - diverse merken	insecticide	relatief stabiel in waterige oplossing pH2-7 / hydrolyse in alkalische oplossingen DT50: 12d - pH9
diquat dibromide	REGLONE	herbicide	stabiel in neutraal en zure oplossing / snelle hydrolyse in alkalische oplossing DT50: 7d -pH7 / breekt af onder UV-licht
diquat dibromide/paraquat-dichloride	ACTOR		
d-karvon	TALENT		

epoxiconazool/fenpropimorf	OPUS TEAM		
epoxiconazool/kresoxim-methyl	ALLEGRO		
esfenvaleraat	SUMICIDIN SUPER	insecticide	relatief stabiel voor warmte en licht
ethefon	CERONE		
ethofumesaat	ethofumesaat - diverse merken	herbicide	relatief stabiel voor hydrolyse in water pH7-9 DT50: 940d - pH5 / foto-omzetting in water DT50: 31 u
ethofumesaat	TRAMAT 200 EC		
ethofumesaat/fenmedifam	TANDEM		
ethofumesaat/fenmedifam/metamitron	BETANAL TRIO OF		
fenmedifam	fenmedifam - diverse merken	herbicide	zeer stabiel in zuur / hydrolyse in neutraal en alkalische media DT50 (22oC): 50d - pH5, 14,5d - pH7, 10 min - pH9
fenoxaprop-P-ethyl	PUMA S ES	herbicide	licht stabiel / temperatuur stabiel 50oC 90d / breekt af in zuur en alkalische oplossing DT50(20oC): >1000d - pH5, 100d - pH7, 2,4d - pH9
fenpropidin	MILDIN		
fenpropimorf	CORBEL	fungicide	licht stabiel / stabiel voor hydrolyse bij pH3, 7, 9 (50oC)
fenpropimorf/propiconazool	GLINT 500 EC		
ferri fosfaat	FERRAMOL ECOSTYLE SLAKKENKORRELS		
florasulam	PRIMUS		
fluazifop-P-butyl	FUSILADE	herbicide	UV-licht stabiel / hydrolyse DT50: >30d - pH5, 78d - pH7, 29u - pH9 / waterige hydrolyse DT50 6d - pH5
fluazinam	SHIRLAN FLOW	fungicide	stabiel voor zuur, base en temperatuur/verhitting
fludioxonil	BERET GOLD 025 FS		
fluroxypyr	STARANE 200	herbicide	stabiel in zure media / is een zuur reageert met base en vormt een zout / DT50 in water 185d - pH9 (20oC) / stabiel in daglicht
flutolanil	MONARCH		
fosethyl-aluminium	ALIETTE WG		
foxim	SAYGON-MIERENMIDDEL		
glufosinaat-ammonium	FINALE SL 14	herbicide	licht stabiel / DT50 in water 2-30d (Dorn et al., 1992)
glyfosaat	ROUNDUP	herbicide	niet vluchtig / licht stabiel / DT50 enkele d - 91d
glyfosaat-trimesium	TOUCHDOWN		

haloxyfop-P-methylester	GALLANT 2000		
hechter	BOND		
imazalil	DIABOLO	fungicide	licht stabiel / zeer stabiel voor hydrolyse in verdund zuur en alkalische media (20oC)
imazalil/carbendazim	FUNGAZIL EXTRA 265 SC		
imazalil/carbendazim	FUNGAZIL EXTRA STUIF 2,6 DP		
imazalil/thiabendazool	LIROTECT SUPER 375 SO		
imazalil/thiofanaat-methyl	FUNGATOP VLOEIBAAR		
imidacloprid	AMIGO	insecticide	Stabiel voor hydrolyse pH5-11
imidacioprid	GAUCHO	insecticide	
ioxynil	ACTRIL 200		
iprodion	ROVRAL AQUAFLO		
isoproturon	isoproturon - diverse merken	herbicide	Zeer stabiel voor zuur en base / licht-stabiel
isoxaflutool	MERLIN		
kresoxim-methyl	KENBYO		
lambda-cyhalothrin	KARATE	insecticide	Licht-stabiel / DT50 in water milieu ca. 20d
linuron	linuron - diverse merken	herbicide	Stabiel in waterige oplossing bij pH5, 7, 9, DT50: 945d – pH5,7,9
maleine hydrazide	ALLIREM 60 SG		
maleine hydrazide	ROYAL MH-SPUITKORREL		
mancozeb		fungicide	Hydrolyse DT50: 20d – pH5, 17u – pH7, 34u – pH9
maneb	maneb - diverse merken	fungicide	Licht-stabiel / breekt af oiv licht en lucht / hydrolyse DT50: <24h – pH5,7,9
MCPA	MCPA - diverse merken	herbicide	Zeer stabiel / neerslag van Ca+Mg zouten in hard water
mecoprop-P	mecoprop-P diverse merken	herbicide	Stabiel voor licht en verhitting / stabiel in range pH3-9
mesotrione	CALLISTO		
metaldehyde	metaldehyde - diverse merken		
metamitron	GOLTIX WG	herbicide	Zeer stabiel in zure media, instabiel in basische media pH>10 / DT50: 410d – pH4, 740u – pH7, 230 u – pH9 / snelle fotolyse in water
metam-natrium	diverse merken		
metazachloor	BUTISAN S		
metoxuron	DOSANEX	herbicide	Hydrolyse bij sterk zuur + base DT50: 18d – pH3, 21d – pH5, 24d – pH7, >30d – pH9, 26d – pH11 / afbraak in UV-licht

metribuzin	SENCOR WG	herbicide	Relatief stabiel voor licht / DT50: 6,7u – pH1,2, 569u – pH4, 47d – pH7, 191u – pH9 / snelle fotolyse in water DT50 <1d / stabiel in verdunde zuur en alkalische media
metsulfuron-methyl	ALLY	herbicide	Stabiel in neutrale en basische media
minerale olie	diverse merken		
nicosulfuron	MILAGRO		
nieosulfuron	SAMSON 4SC		
ontsmettingsmiddel	HALAMID-D		
paraquat-dichloride	GRAMOXONE	herbicide	Stabiel in neutral en zure media / snelle hydrolyse in alkalische media / fotolyse door UV-licht in waterige oplossingen
parathion-methyl	CONDOR	insecticide	Hydrolyse in alkalische en zure media (5x sneller dan parathion) / DT50: 68d – pH5, 40d – pH7, 33d – pH9 / fotolyse in water
pencycuron	MONCEREEN-DROOGONTSMETTER		
pencycuron	MONCEREEN-VLOEIBAAR		
pendimethalin	STOMP 400 SC	herbicide	Stabiel in zuur en alkalische media / langzame fotolyse DT50: <21d in water
pirimicarb	PIRIMOR	insecticide	Waterige oplossing niet stabiel voor UV-licht DT50: <1d (pH5,7,9)
plantaardige olie	diverse merken		
prochloraz	SPORTAK	fungicide	Stabiel in water bij pH7 / afbraak in geconcentreerd zure + alkalische opl.door zonlicht
procymidon	SUMISCLEX	fungicide	Lichtstabiel
propiconazole	TILT 250 EC	fungicide	Geen significante hydrolyse
propyzamide	KERB 50W SPUTTPOEDER	herbicide	Breekt af in licht in oplossing 28d / bij pH5-9, (20oC) <10% afbraak
prosulfocarb	BOXER	herbicide	Hydrolyse in waterige oplossing DT50(25oC): 25d - pH7
pymetrozine	PLENUM 25 WP		
pyridaat	LENTAGRAN EC	herbicide	Stabiel in neutrale media / hydrolyse in sterk zure + alkalische media / in water (milieu) DT50 – 16d
pyridaat/terbutylazin	LIDO SC		
quizaiofop-P-ethyl	TARGA PRESTIGE	herbicide	Stabiel in zure en neutrale media / instabiel in alkalische media DT50: 19u – pH9
reinigingsmiddel	ALL CLEAR EXTRA		
reinigingsmiddel	PRIMACLEAN		
rimisulfuron	TITUS	herbicide	Hydrolyse DT50(25oC): 4,6d - pH5; 7,2d – pH7; 0,3d – pH9
S-metolachloor	DUAL GOLD 960 EC		
sulcotrion	MIKADO	herbicide	Stabiel in waterige oplossing / niet gevoelig voor zonlicht

tebuconazool/triadimenol	MATADOR		
tepraioxydim	ARAMO		
terbutylazin	terbutylazin - diverse merken	herbicide	Stabiel in neutrale, zwak zure en alkalische media / hydrolyse in zure en alkalische media DT50(20oC): 8d – pH1; 12d – pH13
thiabendazool	LIROTECT, FLOWABLE	fungicide	Zeer stabiel in waterige oplossing en in zure media / licht-stabiel
thiofanaat-methyl	TOPSIN M SPUITPOEDER		
thiometon	EKATIN		
thiram	thiram - diverse merken	fungicide	Breekt af in zure media DT50(22oC): 128d – pH4; 18d – pH7; 9u – pH9
tolclofos-methyl	RIZOLEX VLOEIBAAR		
tri-allaat	AVADEX BW	herbicide	Licht-stabiel / hydrolyse door sterk zuur en sterke base
triazamaat	AZTEG		
triciopyr	GARLON 4 E		
trifloxystrobin	TVVIST		
triflusuifuron-methyl	SAFARI	herbicide	Snelle hydrolyse in water DT50(25oC): 3,7d – pH5; 32d – pH7; 36d – pH9
trinexapac-ethyl	MODDUS 250 EC		
uitvloeier	AGRALLN		
uitvloeier	MOTTO		
uitvloeier	PROMOTOR		
uitvloeler	TREND		
uitvloeier	ZIPPER		
uitvloeier/hechter	ASEPTA COLL		
uitvloeier/hechter	FRIGATE		
vinchlozolin	RONILAN DFIFL	fungicide	In zuur milieu 24uur stabiel; in NaOH DT50: 3,8u
zwavel	MOLLENPATROON		

Bijlage D: Lijst van waterhardheid in Nederland

Deze lijst geeft een moment-opname per 1 oktober 2002 van de hardheid van het door de Nederlandse waterbedrijven geleverde leidingwater. De gegevens worden onder voorbehoud verstrekt. Aansprakelijkheid voor afwijkingen wordt niet aanvaard. De meest nauwkeurige en actuele gegevens verkrijgt men door deze rechtstreeks bij de desbetreffende bedrijven op te vragen.

	(°F)	(°D)	mmol/l
1 mmol/l	10,0	5,6	-
1 meq/l	5,0	2,8	0,50
1 Duitse graad (°D)	1,78	-	0,18
1 Franse graad (°F)	-	0,56	0,10

Plaats	in mmol/l	in °D
Aalburg NB	1,80	10,1
Aalsmeer NH	1,5	8,4
Aalten Gld	2,7 - 3,4	15,1 - 19,0
Aardenburg Z	1,44 - 1,8	8,0 - 10,0
Aarle-Rixtel NB	2,43	13,5
Abbekerk NH	1,5	8,4
Abcoude U	1,24 - 1,30	6,9 - 7,3
Achtkarspelen F	1,2	6,7
Akersloot NH	1,5	8,4
Alblasserdam ZH	2,4	13,4
Albrandswaard ZH	1,53	8,5
Alkemade ZH	2,0	11,1
Alkmaar NH	1,5	8,4

Almelo O	2,12 - 2,52	11,8 - 14,0
Almere FI	0,8	4,5
Almkerk NB	1,94	10,7
Alphen-Chaam NB	1,43 - 1,78	8,0 - 10,0
Alphen a/d Rijn ZH	2,0	11,1
Ambt Montfort L	1,22	6,8
Ameide ZH	2,28	12,8
Ameland F	1,2 - 2,16	6,7 - 12
Amerongen U	0,84 - 1,13	4,7 - 6,3
Amersfoort U	0,99 - 1,19	5,5 - 6,6
Ammerstol ZH	2,46	13,8
Ammerzoden Gld	1,96	10,9
Asselt NH	1,5	8,4
Assendelft NH	1,5	8,4
Asten NB	1,52	8,5
Avenhorn NH	1,5	8,5
Andijk NH	1,5	8,4
Angerlo Gld	0,97	5,6
Anloo Dr	1,5	8,4
Anna Paulowna NH	1,5	8,4
Apeldoorn Gld	0,7 - 1,2	3,8 - 7,4
Appeltern G	2,32	12,9
Appingedam Gr	1,68 - 2,12	9,4 - 11,9
Arcen en Velden L	1,65	9,2
Arkel ZH	2,26	12,8
Arnhem Gld	0,8 - 1,6	4,5 - 9,0
Asperen ZH	1,8 - 2,0	10,1 - 11,2
Assen Dr	1,48	8,3
Assendelft NH	1,5	8,4
Asten NB	1,52	8,5
Avenhorn NH	1,5	8,5

Avereest O	1,43 - 1,78	8,0 - 10,0	Berghem NB	2,54 - 2,71	14,2 - 15,2
Axel Z	1,44 - 1,8	8 - 10	Bergschenhoek ZH	1,55 - 1,65	8,7 - 9,0
Baarle-Nassau NB	1,43	8,0	Berkel-Enschot NB	1,17	6,6
Baarle-Hertog NB	1,43	8,0	Berkel en Rodenrijs ZH	1,55 - 1,65	8,7 - 9,0
Baarn U	0,98 - 1,35	5,5 - 7,6	Berkenwoude ZH	2,55	14,3
Baexem L	2,1	11,8	Berkhout NH	1,5	8,4
Bakel en Milheeze NB	1,86	10,4	Berlicum NB	2,37	13,3
Barendrecht ZH	1,53	8,5	Bernheeze NB	1,51 - 2,37	8,4 - 13,2
Barneveld Gld	0,74 - 1,11	4,2 - 6,2	Bernisse ZH	1,53	8,5
Barsingerhorn NH	1,5	8,4	Best NB	1,53	8,5
Batenburg G	2,32	12,9	Beuningen Gld	1,15	6,4
Bathmen O	1,6	9	Beverwijk NH	1,5	8,4
Bedum Gr	1,51	8,4	Biddinghuizen FI	1,5	8,0
Beegden L	2,1	11,8	Bildt, Het F	1,2	6,7
Beek L	1,79	10,0	Bilt, De U	0,98- 1,00	5,5 - 5,6
Beek en Donk NB	1,52 - 2,13	8,5 - 11,9	Binnenmaas ZH	1,53	8,5
Beemster NH	1,5	8,4	Bladel NB	1,77	9,9
Beers NB	2,37 - 2,41	13,2 - 13,4	Blaricum NH	1,5	8,4
Beesd G	2,28	12,8	Bleiswijk ZH	1,55 - 1,65	8,7- 9,0
Beesel L	2,46	13,8	Bleskensgraaf c.a. ZH	2,2	12,3
Beilen Dr	2,03	11,3	Bloemendaal NH	1,5	8,4
Bellingwedde Gr	1,12 - 1,82	6,3 - 10,1	Blokker NH	1,5	8,4
Bemmel Gld	2,16	12,1	Boarnsterhim F	1,2	6,7
Bennebroek NH	1,5	8,4	Bodegraven ZH	1,71 - 2,25	9,5 - 12,5
Bergambacht ZH	2,24 - 2,45	12,5 - 13,6	Boekel NB	2,33	13,3
Bergen L	1,33 - 1,65	7,4 - 9,2	Bolsward F	1,2	6,7
Bergen NH	1,5	8,4	Borculo Gld	2,1- 3,1	11,8- 17,4
Bergen op Zoom NB	1,65	9,2	Borger Dr	1,26	7,1
Bergeyk NB	0,82 - 1,77	4,6 - 9,9	Borne O	0,71- 2,23	4,0- 12,5
Bergh Gld	1,6	9,0	Borssele Z	1,26- 1,62	7- 9

Boskoop ZH	2,25	12,5	Dalen Dr	1,5	8,4
Bovenkarspel NH	1,5	8,4	Dalfsen O	1,31- 2,43	8,5 - 13,5
Boxmeer NB	2,26- 2,98	12,7- 16,7	Dantumadeel F	1,2	6,7
Boxtel NB	1,17- 1,49	6,6- 8,3	De Marne Gr	1,51	8,4
Brakel Gld	2,45	13,6	Deil G	2,45	13,6
Brandwijk ZH	2,28	12,8	Delden O	2,05- 2,14	11,5 - 12,0
Breda NB	1,78- 2,13	10,0- 11,9	Delft ZH	1,53	8,5
Brederwiede O	0,89- 2,23	5,0- 12,5	Delfzijl Gr	1,68- 2,12	9,4- 11,9
Breukelen U	1,06- 1,30	5,9 - 7,3	Denekamp O	1,13- 1,92	6,3 - 10,7
Brielle ZH	1,53	8,5	Deurne NB	1,86	10,4
Broek in Waterland NH	1,5	8,4	Deventer O	1,4- 1,6	7,8 - 9
Brouwershaven Z	2,52- 2,7	14- 15	Didam Gld	0,97	5,6
Bruinisse Z	2,52- 2,7	14- 15	Diemen NH	1,5	8,4
Brummen Gld	1,04	5,8	Diepenheim O	1,96- 2,14	11,0- 12,0
Brunssum L	1,08	6,0	Diepenveen O	1,15 - 1,71	6,4 - 9,5
Budel NB	1,73	9,7	Diessen NB	1,03 - 1,77	5,5- 9,9
Bunnik U	1,03- 2,52	5,8- 14,1	Diever Dr	1,53	8,6
Bunschoten U	0,84 - 1,13	4,7 - 6,3	Dinxperlo Gld	3,0 - 3,4	16,8- 19,0
Buren Gld	1,84	10,3	Dirksland ZH	2,52- 2,7	14 - 15
Bussum NH	1,5	8,4	Dodewaard Gld	1,15	6,4
Callantsoog NH	1,5	8,4	Doesburg Gld	1,0- 1,6	5,6 - 9,0
Capelle a/d IJssel ZH	1,53	8,5	Doetinchem Gld	1,6 - 3,0	9,0 - 16,8
Castricum NH	1,5	8,4	Domburg Z	1,26- 1,62	7- 9
Chaam NB	1,74	9,7	Dongen NB	2,13	11,9
Coevorden Dr	1,96	11,0	Dongeradeel F	1,2	6,7
Cothen U	1,5	8,4	Doorn U	0,75- 1,0	4,2- 5,6
Cromstrijen ZH	1,53	8,5	Dordrecht ZH	1,53	8,5
Culemborg Gld	2,06 - 2,39	11,5 - 13,3	Drechterland NH	1,5	8,4
Cuyk NB	2,33- 2,98	13,3 - 16,7	Driebergen/Rijsenburg U	0,71-0,77	4,0- 4,3
Dalem ZH	2,28	12,8	Driebruggen ZH	2,06	11,5

Drimmelen NB	2,13	11,9
Dronten FI	1,5	8,0
Drunen NB	1,33	7,4
Druten Gld	1,15 - 2,27	6,4 - 12,7
Duiveland Z	2,34- 2,7	13 - 15
Duiven Gld	1,0 - 1,2	5,6 - 6,7
Dungen, Den NB	1,51	8,4
Dwingeloo Dr	1,53	8,6
Echt L	1,22	6,8
Echteld Gld	1,15	6,4
Edam NH	1,5	8,4
Ede Gld	0,8- 1	4,4- 5,5
Eelde Dr	1,8	10
Eemnes U	1,38 - 1,88	7,7 - 10,5
Eemsmond Gr	1,51 - 2,14	8,4 - 11,9
Eersel NB	1,77	9,9
Egmond aan Zee NH	1,5	8,4
Egmond-Binnen NH	1,5	8,4
Eibergen Gld	1,5 - 3,1	8,4 - 17,4
Eindhoven NB	1,22	6,7
Elburg Gld	0,64 - 0,73	3,6 - 4,4
Elst Gld	1,13	6,3
Emmen Dr	1,49	8,3
Enkhuizen NH	1,5	8,4
Enschede O	1,3- 2,3	7,1- 12,8
Epe Gld	0,76	4,3
Ermelo Gld	0,92	5,1
Erp NB	2,33	13,3
Esch NB	1,17	6,5
Etten-Leur NB	1,6	9,0

Everdingen ZH	2,28	12,8
Eijsden L	1,79	10,0
Ferwerderadeel F	1,2	6,7
Franekeradeel F	1,2	6,7
Gaasterlân-Sleat F	1,2	6,7
Gasselte Dr	1,26	7,1
Geertruidenberg NB	2,13	11,9
Geffen NB	2,33 - 2,54	13,0- 14,2
Geldermalsen Gld	1,84 - 2,39	10,3 - 13,3
Geldrop NB	1,17	6,5
Gemert NB	1,53- 2,41	8,5- 13,4
Gendringen Gld	1,6 - 3,4	9,0 - 19,0
Gendt Gld	2,30	12,9
Genemuiden O	2,14- 2,23	12,0- 12,5
Gennep L	1,12- 1,65	6,3 - 9,2
Giessenburg ZH	2,28	12,8
Giessenlanden ZH	2,39	13,3
Gieten Dr	1,26	7,1
Gilze en Rijen NB	1,43- 1,78	8 - 10,0
Goedereede ZH	2,52- 2,7	14 - 15
Goes Z	1,26- 1,62	7 - 9
Goirle NB (deel Riel)	1,43	8,0
Goirle NB	1,9	10,6
Goor O	2,05- 2,50	11,5- 14,0
Gorinchem ZH	2,39	13,3
Gorssel Gld	1,8 - 3,3	10,1 - 18,5
Gouda ZH	2,25	12,5
Goudarak ZH	2,46	13,8
Goudriaan ZH	2,28	12,8
Graafstroom ZH	2,39	13,3

Graft-De Rijp NH	1,5	8,4	Hardinxveld/Giessendam ZH	2,47	13,7
Gramsbergen O	1,70- 1,78	9,5- 10,0	Haren Gr	1,8	10,0
Grathem L	2,1	11,8	Harenkarspel NH	1,5	8,4
Grave NB	2,33- 2,54	13,0- 14,2	Harlingen F	1,2	6,7
's-Graveland NH	1,5	8,4	Harmelen U	1,24-1,3	6,9- 7,3
's-Gravendeel ZH	1,53	8,5	Hasselt O	2,08- 2,43	11,6- 13,5
's-Gravenhage ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Hatterum Gld	0,76	4,3
's-Gravenzande ZH	1,53	8,5	Havelte Dr	1,11- 1,46	6,2- 8,1
Groenlo Gld	1,5 - 2,4	8,4 - 13,4	Hazerswoude ZH	1,97	11,0
Groesbeek Gld	0,73 - 1,2	4,1 - 6,7	Hedel Gld	2,06	11,5
Groningen Gr	1,8	10	Heel L	2,22	12,4
Groot-Ammers ZH	2,2	12,3	Heemskerk NH	1,5	8,4
Grootebroek NH	1,5	8,4	Heemstede NH	1,5	8,4
Grootegast Gr	1,5	8,4	Heerde Gld	0,76	4,3
Grubbenvorst L	1,58	8,8	Heerenveen F	2,1	12
Gulpen-Wittem L	0,61 - 1,79	3,4 - 10,0	Heerewaarden Gld	1,96	10,9
Haaksbergen O	1,5 - 3,1	8,4- 17,4	Heerhugowaard NH	1,5	8,4
Haaren NB	1,17	6,6	Heerjansdam ZH	1,53	8,5
Haarlem NH	1,5	8,4	Heerlen L	0,61 - 1,79	3,4 - 10,0
Haarlemmerliede en Spaarnwoude NH	1,5	8,4	Heesch NB	2,33- 2,71	13,0- 14,2
Haarlemmermeer NH	1,5	8,4	Heeswijk-Dinther NB	1,51- 2,37	8,4- 13,2
Haastrecht ZH	2,46	13,8	Heeze NB	1,52- 1,73	9,7- 8,5
Haelen L	2,22	12,4	Hei en Boeicop ZH	2,8	12,8
Hagestein ZH	2,28	12,8	Heiloo NH	1,5	8,4
Halderberge NB	1,60	9,0	Heino O	2,08- 2,43	11,6- 13,5
Halsteren NB	1,62- 1,8	9- 10	Helden L	1,44 - 2,55	8,1- 14,3
Ham, Den O	2,05- 2,23	11,5- 12,5	Helder, Den NH	1,5	8,4
Haps NB	2,41- 3,20	13,4- 17,8	Hellendoorn O	1,31 - 1,69	6 - 7
Hardenberg O	2,01- 2,19	11,2- 12,2	Hellevoetsluis ZH	1,53	8,5
Harderwijk Gld	0,97	5,4	Helmond NB	1,93- 2,13	10,8- 11,9

Helvoirt NB	1,17	6,6	Hoornaar ZH	2,28	12,8
Hendrik-Ido-Ambacht ZH	1,69	9,4	Horn L	2,1	11,8
Hengelo Gld	1,6	9,0	Horssen G	2,32	12,9
Hengelo O	1,20 - 2,41	6,7 - 13,4	Horst a.d. Maas L	1,44 - 1,59	8,1 - 8,9
Hensbroek NH	1,5	8,4	Houten U	1,99 - 2,52	11,1 - 14,1
Herten L	2,58	14,6	Huissen Gld	1,64- 2,48	9,2- 13,8
's-Hertogenbosch NB	1,33- 2,39	7,4- 13,3	Huizen NH	1,5	8,4
Heteren Gld	1,07	6,0	Hulst Z	1,26	7
Hekelum ZH	1,8- 2,0	10- 11	Hummelo en Keppel Gld	1,6	9,0
Herwijnen Gld	2,25- 2,35	12,6- 13,2	Hunsel L	2,35	13,2
Heteren Gld	1,13	6,3	Huijbergen NB	1,26- 1,62	7- 9
Heumen Gld	1,17	6,6	Ilpendam NH	1,5	8,4
Heusden NB	1,80	10,1	Jacobswoude ZH	2,0	11,1
Heythuysen L	2,22	12,4	Jisp NH	1,5	8,4
Hillegom ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Kamerik U	2,06	11,5
Hilvarenbeek NB	1,03	5,8	Kampen O	0,99 - 1,10	5,5 - 6,1
Hilversum NH	1,38 - 1,88	7,73- 10,5	Kapelle Z	1,26- 1,62	7- 9
Hoevelaken Gld	1,11	6,2	Katwoude NH	1,5	8,4
Holten O	2,16 - 2,82	12 - 15,7	Katwijk ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0
Hontenisse Z	1,26- 1,62	7- 9	Kedichem ZH	2,2	12,3
Hoogblokland ZH	2,2	12,3	Kerkdriel Gld	2,84- 2,91	15,9- 16,3
Hoogeloon c.a. NB	1,77	9,9	Kerkrade L	0,61- 1,08	3,4 - 6,0
Hooge en Lage Mierde NB	1,77	9,9	Kerkwijk Gld	1,96	10,9
Hoogeveen Dr	1,43	8,0	Kessel L	2,22	12,4
Hoogezand/Sappemeer Gr	1,5 - 1,8	8,4 - 10	Kesteren Gld	1,15	6,4
Hoogkarspel NH	1,5	8,4	Klundert NB	1,6	9,0
Hoogkerk Gr	2,2	12,3	Kockengen U	1,19	6,7
Hoogmade ZH	1,97	11,0	Koedijk NH	1,5	8,4
Hoogwoud NH	1,5	8,4	Kollumerland c.a. F	1,2	6,7
Hoorn NH	1,5	8,4	Koog a/d Zaan NH	1,5	8,4

Korendijk ZH	1,53	8,5	Lichtenvoorde Gld	2,4- 3,7	13,5- 20,7
Kortgene Z	1,26- 1,62	7- 9	Liemeer ZH	1,71	9,5
Koudekerk a/d Rijn ZH	1,97	11,0	Liempde NB	1,49	8,3
Kraggenburg O	1,40 - 1,73	7,8 - 9,6	Lienden Gld	1,13	6,3
Krimpen a/d Lek ZH	2,59	14,5	Lier, De ZH	1,53	8,5
Krimpen a/d IJssel ZH	2,45	13,6	Lieshout NB	1,52- 2,13	8,5- 11,9
Krommenie NH	1,5	8,4	Liesveld ZH	2,39	13,3
Landerd NB	2,38	13,2	Limmen NH	1,5	8,4
Landgraaf L	0,61 - 1,08	3,4 - 6,0	Lingewaal Gld	2,28 - 2,39	12,8 - 13,3
Landsmeer NH	1,5	8,4	Linne L	1,31	7,3
Langbroek U	1,5	8,4	Lisse ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0
Langedijk NH	1,5	8,4	Lith NB	2,71	15,2
Langerak ZH	2,2	12,3	Littenseradiel F	1,2	6,7
Laren NH	1,5	8,4	Lochem Gld	2,1 - 3,1	11,8- 17,4
Leek Gr	1,5	8,4	Loenen U	1,06-1,10	5,9- 6,2
Leende NB	1,73	9,7	Loon op Zand NB	1,80	10,1
Leerbroek ZH	2,2	12,3	Loosdrecht U	1,06-1,10	5,9 - 6,2
Leerdam ZH	2,39	13,3	Lopik U	1,24 - 1,8	6,9 - 10,1
Leersum U	0,84 - 0,87	4,7 - 4,9	Loppersum Gr	1,5 - 2,14	8,4 - 11,9
Leeuwarden F	1,2	6,7	Losser O	1,3 - 1,62	7,2 - 9,0
Leewarderadeel F	1,2	6,7	Luyksgestel NB	0,82	4,6
Leiden ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Maarheeze NB	1,73	9,7
Leiderdorp ZH	1,97	11,0	Maarn U	0,99 - 1,13	5,5- 6,3
Leidschendam ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Maarssen U	1,72 - 1,86	9,6 - 10,4
Leimuiden ZH	1,97	11,0	Maartensdijk U	1,06 - 1,86	5,9 - 10,4
Lekkerkerk ZH	2,57	14,4	Maasbracht L	1,22	6,8
Lelystad FI	0,8 - 1,5	4,5 - 8,0	Maasbree L	1,44 - 2,22	8,1 - 12,4
Lemsterland F	1,2	6,7	Maasdonk NB	2,39- 2,66	13,3- 14,8
Leusden U	0,84 - 1,13	4,7 - 6,3	Maasdriel Gld	2,06	11,5
Lexmond ZH	2,2	12,3	Maasland ZH	1,53	8,5

Maassluis ZH	1,53	8,5	Molenaarsgraaf ZH	2,2	12,3
Maastricht L	1,79	10,0	Monnickendam NH	1,5	8,4
Margraten L	1,79	10,0	Monster ZH	1,6	8,5
Mariënberg O	2,01- 2,19	11,2- 12,2	Montfoort U	1,24- 2,59	6,9- 14,5
Marlekerke Z	1,44- 1,8	8- 10	Montfort L	1,25	7
Markelo O	2,25 - 2,59	12,5 - 14,4	Mook en Middelaar L	1,12	6,3
Marken NH	1,5	8,4	Moordrecht ZH	2,25	12,5
Marknesse O	1,40 - 1,73	7,8 - 9,6	Muiden NH	1,1- 1,5	6 - 8
Marle (Wyhe) Gld	0,59- 0,63	3,3- 3,5	Naaldwijk ZH	1,53	8,5
Marum Gr	1,5	8,4	Naarden NH	1,5	8,4
Maurik Gld	1,94	10,8	Nagele O	1,4 - 1,73	7,8 - 9,6
Medemblik NH	1,5	8,4	Nederhorst den Berg NH	1,5	8,4
Meerkerk ZH	2,2	12,3	Nederlek ZH	2,45	13,6
Meerlo-Wanssum L	1,52	8,5	Nederweert L	2,02- 2,55	11,3- 14,3
Meersen L	1,79	10,0	Neede Gld	3,3	18,5
Megen c.a. NB	2,59- 2,65	14,4- 14,8	Neer L	2,1	11,8
Melick en Herkenbosch L	1,47	8,2	Neerijnen Gld	2,28	12,8
Menualdadeel F	1,2	6,7	Nibbixwoud NH	1,5	8,4
Menterwolde Gr	1,68- 2,12	9,4 - 11,9	Niedorp NH	1,5	8,4
Meppel Dr	1,11- 1,46	6,2- 8,1	Nieuw-Lekkerland ZH	2,41	13,4
Meyel L	2,55	14,3	Nieuwe Wetering ZH	1,97	11,0
Middelburg Z	1,26- 1,62	7- 9	Nieuwegein U	2,0	11,2
Middelharnis Z	2,52- 2,7	14- 15	Nieuwerbrug ZH	1,72	11,1 - 9,6
Middenschouwen Z	2,34- 2,7	13- 15	Nieuwerkerk a/d IJssel ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0
Midwoud ZH	2,7	15	Nieuwkoop ZH	1,71	9,5
Mierlo NB	1,93	10,8	Nieuwland ZH	2,2	12,3
Mill NB	2,33	13,4	Nieuwleusen O	1,43- 2,23	8,0- 12,5
Millingen a/d Rijn Gld	1,22	6,8	Nieuwpoort ZH	2,2	12,3
Moerdijk NB	1,60	9,0	Nieuwveen ZH	2,06	11,5
Moergestel NB	1,03- 1,77	5,8- 9,9	Nistelrode NB	2,37	13,2

Noordeloos ZH	2,2	12,3	Oostburg Z	1,44- 1,8	8- 10
Noorden ZH	2,06	11,5	Oosterhesselen Dr	1,5	8,4
Noorder-Koggenland NH	1,5	8,4	Oosterhout NB	2,13	11,9
Noord-Oostpolder FI	0,93- 2,28	5,0- 13,0	Oosterwijk ZH	2,2	12,3
Noordwijk ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Oostflakkee ZH	2,7- 3,06	15- 17
Noordwijkerhout ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Ooststellingwerf F	1,2- 2,16	7- 12
Nootdorp ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Oostzaan NH	1,5	8,4
Norg Dr	1,89	10,5	Ootmarsum O	0,89- 1,07	5,0- 6,0
Nuenen NB	1,22- 1,53	6,7- 8,5	Oploo c.a. NB	2,38- 3,20	13,3- 17,8
Nuland NB	2,33- 2,39	13,0- 13,3	Opmeer NH	1,5	8,4
Nunspeet Gld	0,74	4,2	Oppendoes NH	1,5	8,4
Nuth L	1,79	10,0	Opsterland F	1,2	7
Nijefurd F	1,2	6,7	Oss NB	2,33- 2,71	13,0- 15,2
Nijeveen Dr	0,9	5,0	Ossendrecht NB	1,26- 1,62	7- 9
Nijkerk Gld	1,11	6,2	Ottoland ZH	2,2	12,3
Nijmegen Gld	2,16	12,1	Oud-Alblas ZH	2,2	12,3
Obdam NH	1,5	8,4	Oud-Beijerland ZH	1,53	8,5
Ochten G	1,13	6,3	Oud Ade ZH	1,97	11,0
Odoorn Dr	1,24	6,9	Oude Wetering ZH	1,97	11,0
Oeffelt NB	2,34- 3,20	13- 17,8	Oudendijk NH	1,5	8,4
Oegstgeest ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Ouder-Amstel NH	1,5	8,4
Ohé en Laak L	1,31	7,3	Ouderkerk a/d IJssel ZH	2,0 - 2,25	11,1 - 12,5
Oirschot NB	1,03- 1,53	5,8- 8,5	Oudewater U	1,24 - 1,71	6,9 - 9,5
Oisterwijk NB	1,17	6,6	Oudorp NH	1,5	8,4
Oldebroek Gld	1,01	5,7	Overasselt G	1,13	6,3
Oldenzaal O	1,29- 1,89	7,2 - 10,5	Overbetuwe G	1,15	6,4
Olst O	1,15-1,71	6,4 - 9,5	Papendrecht ZH	2,41	13,4
Ommen O	1,25- 1,70	7,0- 9,5	Peize Dr	1,51	8,4
Onderbanken L	1,08	6,0	Pekela Gr	1,39- 1,8	7,8- 10,1
Oost-, West- en Middelbeers NB	1,08- 1,53	6 - 8,5	Posterholt L	1,31	7,3

Poortugaal ZH	1,5- 1,6	8,5- 9,0	Rozendaal Gld	0,7	4
Purmerend NH	1,5	8,4	Rucphen NB	1,6	9,0
Putte NB	1,26- 1,62	7- 9	Ruinen Dr	1,43	8,0
Putten Gld	0,75	4,2	Ruinerwold Dr	1,43	8,0
Pijnacker ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Ruurlo Gld	2,1 - 3,9	11,8- 21,8
Raalte O	0,77- 1,94	4,3 - 10,8	Rijnsaterwoude ZH	1,97	11,0
Ravenstein NB	2,59- 2,66	14,4- 14,8	Rijnsburg ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0
Reeuwijk ZH	1,71 - 2,25	9,5 - 12,5	Rijnwaarden Gld	1,0 - 1,7	5,6 - 9,5
Reiderland Gr	1,39- 1,8	7,8- 10,1	Rijnwoude ZH	1,97	11,0
Reimerswaal Z	1,07- 1,16	5,9- 6,5	Rijpwetering ZH	1,97	11,0
Renkum Gld	1,0	5,6	Rijssen O	0,71- 2,82	4,0 - 15,7
Renswoude U	0,99- 1,13	5,5- 6,3	Rijswijk ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0
Reusel NB	1,77	9,9	Santpoort NH	1,5	8,4
Rheden Gld	0,7- 1,0	3,9- 5,6	Sassenheim ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0
Rhenen U	0,88- 1,12	4,9- 6,3	Sas van Gent Z	1,44- 1,8	8- 10
Rhoon ZH	1,5- 1,6	8,5- 9,0	Schagen NH	1,5	8,4
Ridderkerk ZH	1,46	8,1	Schaijk NB	2,33- 2,54	13,0- 14,2
Riethoven NB	0,82- 1,77	4,4- 9,9	Scheemda Gr	1,39- 1,8	7,8- 10,0
Roden Dr	1,51	8,4	Schelluinen ZH	2,2	12,3
Roelofsarendsveen ZH	1,97	11,0	Schermer NH	1,5	8,4
Roerdalen L	1,22- 1,52	6,8 - 8,6	Scherpenzeel Gld	0,99- 1,13	5,5 - 6,3
Roermond L	2,46 - 2,55	13,8 - 14,3	Schiedam ZH	1,58	8,5
Roggel en Neer L	2,22	12,4	Schiermonnikoog F	1,0	5,6
Rolde Dr	1,26	7,1	Schinnen L	1,08 - 1,79	6,0 - 10,0
Ronde Venen, De U	1,24-1,30	6,9 - 7,3	Schipluiden ZH	1,53	8,5
Roosendaal NB	1,91	10,7	Schoonebeek Dr	1,49	8,3
Rosmalen NB	1,87	10,4	Schoonhoven ZH	2,25	12,5
Rossum Gld	1,96	10,9	Schoonrewoerd ZH	2,2	12,3
Rotterdam ZH	1,53	8,5	Schoorl NH	1,5	8,4
Rozenburg ZH	1,53	8,5	Schijndel NB	1,51	8,4

Sevenum L	1,44	8,1	Stevensweert L	1,31	7,3
Simpelveld L	0,61 - 1,50	3,4 - 8,4	Stolwijk ZH	2,46	13,8
Sint Anthonis NB	2,33- 2,98	13,3- 16,7	Streefkerk ZH	2,2	12,3
Sint Maarten NH	1,5	8,4	Strijen ZH	1,53	8,5
Sint Michielsgestel NB	1,51	8,4	Susteren L	1,79	10,0
Sint Odiliënberg L	1,31	7,3	Swalmen L	2,46- 2,55	13,8 - 14,3
Sint Oedenrode NB	1,49- 1,53	8,3- 8,5	Swifterbant FI	0,8 - 1,5	4,5 - 8,0
Sint Pancras NH	1,5	8,4	Sijbekarpsel NH	1,5	8,4
Sint Philipsland Z	1,63	9,1	Ten Boer Gr	1,5 - 2,14	8,4 - 11,9
Sittard/Geleen/Born L	1,79 - 2,15	10,0 - 12,0	Ter Aar ZH	1,71 -1,98	9,5 - 11,1
Skarsterlân F	1,2	6,7	Terneuzen Z	1,44- 1,8	8- 10
Sleen Dr	1,5	8,4	Terschelling F	1,7	9,5
Sliedrecht ZH	2,39	13,3	Texel NH	1,5	8,4
Slochteren Gr	1,94- 2,14	10,9- 11,9	Tholen Z	1,6 - 1,8	9 - 10
Sluis Z	1,44- 1,8	8 - 10	Thorn L	2,22	12,4
Smallingerland F	1,2	7	Tiel Gld	1,84	10,3
Smilde Dr	2,03	11,3	Tienhoven ZH	2,28	12,8
Sneek F	1,2	6,7	Tynaarlo D	1,8	10
Soest U	0,91 - 1,29	5,1 - 7,2	Tytsjerksteradiel F	1,2	6,7
Somerens NB	1,52	8,5	Tilburg NB	1,9	10,6
Son en Breugel NB	1,53	8,5	Tubbergen O	2,12 - 2,52	11,8 - 14
Spijkenisse ZH	1,53	8,5	Twisk NH	1,5	8,4
Stadskanaal Gr	1,12- 1,68	6,33- 9,4	Ubbergen Gld	1,22	6,8
Stampersgat NB	1,6	9	Uden NB	2,37 - 2,41	13,0- 13,3
Staphorst O	1,11-1,46	6,2 - 8,1	Udenhout NB	1,17	6,5
Stede Broec NH	1,5	8,4	Uitgeest NH	1,5	8,4
Steenbergen NB	1,6	9,0	Uithoorn NH	1,5	8,4
Steenderen Gld	1,6	9,0	Urk FI	1,40 - 1,72	7,8 - 9,6
Steenwijk O	1,11-1,46	6,2 - 8,1	Ursem NH	1,5	8,4
Stein L	1,79	10,0	Utrecht U	1,03 - 1,86	5,7 - 10,4

Vaals L	0,61 - 1,79	3,4 - 10,0	Voorhout ZH	1,55 - 1,65	8,7- 9,0
Vaassen Gld	0,59- 0,63	3,3 - 3,5	Voorschoten ZH	1,61	9,0
Valburg Gld	1,13	6,3	Voorst Gld	0,76 - 1,01	4,3 - 5,7
Valkenburg ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0	Vorden Gld	1,8 - 3,3	10,1 - 18,5
Valkenburg a/d Geul L	L 1,50 - 1,79	8,4 - 10,0	Vries Dr	1,89	10,5
Valkenisse Z	1,44- 1,8	8- 10	Vriezenveen O	1,64-1,8	9,1 - 10
Valkenswaard NB	1,17	6,5	Vrouwenakker ZH	2,06	11,5
Veendam Gr	1,39- 1,8	7,8- 10,1	Vught NB	1,17	6,5
Veenendaal U	1,18- 1,26	6,6 - 7,0	Waalre NB	1,16	6,8
Veere Z	1,26- 1,62	7- 9	Waalwijk NB	1,38	7,7
Veghel NB	2,41	13,4	Waarder ZH	2,06	11,5
Veldhoven NB	1,22- 1,77	6,7- 9,9	Waddinxveen ZH	2,25	12,5
Velsen NH	1,5	8,4	Wageningen Gld	0,8	4,4
Venhuizen NH	1,5	8,4	Wamel Gld	2,15- 2,29	12,0- 12,8
Venlo L	1,23	6,9	Wanroij NB	2,41	13,4
Venray L	1,59	8,9	Warmenhuizen NH	1,5	8,4
Vessem NB	1,77	9,9	Warmond ZH	1,97	11,0
Vianen ZH	2,39	13,3	Warnsveld Gld	1,8 - 3,3	10,1 - 18,5
Vierlingsbeek NB	2,26	12,7	Wassenaar ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0
Vlaardingen ZH	1,53	8,5	Wateringen ZH	1,53	8,5
Vlagtwedde Gr	0,98- 1,21	5,5- 6,8	Waterland NH	1,5	8,4
Vledder Dr	0,9	5,0	Weerselo O	1,78- 1,88	10,0- 10,5
Vleuten-De Meern U	1,33- 1,37	7,5 - 7,7	Weert L	2,02- 2,35	11,3- 13,2
Vlieland F	1,7	9,5	Weesp NH	1,5	8,4
Vlissingen Z	1,26- 1,62	7- 9	Wehl Gld	1,0 - 2,8	5,6 - 15,7
Vlist ZH	2,25	12,5	Werkendam NB	1,80	10,1
Vlodrop L	1,31	7,3	Wervershoof NH	1,5	8,4
Vlijmen NB	1,33	7,4	Wessem L	2,1	11,8
Voerendaal L	1,50 - 1,79	8,4 - 10,0	West Maas en Waal Gld	2,27	12,7
Voorburg ZH	1,55 - 1,65	8,7- 9,0	Westerbork Dr	2,03	11,3

Westerhoven NB	0,82- 1,77	4,6- 9,9	Woudrichem NB	1,80	10,1
Westerkoggenland NH	1,5	8,4	Wûnseradiel F	1,2	6,7
Westerschouwen Z	2,34- 2,7	13 - 15	Wijchen Gld	1,15	6,4
Westervoort Gld	1,2	6,7	Wijdewormer NH	1,5	8,4
Westkapelle Z	1,26- 1,62	7- 9	Wijhe O	1,43- 2,23	8,0- 12,5
Weststellingwerf F	2,1	12	Wijk, De Dr	1,43	8,0
Westvoorne ZH	1,58	8,5	Wijk aan Zee NH	1,5	8,4
Westwoud NH	1,5	8,4	Wijk bij Duurstede U	1,43 - 1,73	8,0 - 9,7
Westzaan NH	1,5	8,4	Wymbritseradiel F	1,2	6,7
Wierden O	1,63-2,52	9,1 - 14	Wijngaarden ZH	2,2	12,3
Wieringen NH	1,5	8,4	IJmuiden NH	1,5	8,4
Wieringerwaard NH	1,5	8,4	IJsselham O	0,89- 0,98	5,0- 5,5
Wieringermeer NH	1,5	8,4	IJsselmuiden O	2,14- 2,23	12,0- 12,5
Willemstad NB	1,6	9,0	IJsselstein U	2,12 - 2,22	11,9 - 12,4
Winkel NH	1,5	8,4	Zaandam NH	1,5	8,4
Winschoten Gr	1,39- 1,8	7,8- 10,1	Zaandijk NH	1,5	8,4
Winsum Gr	1,5	8,4	Zaanstad NH	1,5	8,4
Winterswijk Gld	3,1	17,4	Zaltbommel Gld	2,06	11,5
Wisch Gld	3,0 - 3,4	16,8 - 19,0	Zandvoort NH	1,5	8,4
Wissenkerke Z	1,26- 1,62	7- 9	Zederik ZH	2,38	13,3
Wittem L	0,53- 3,72	3,0- 20,8	Zeeland NB	2,33	13,0
Woensdrecht NB	1,26- 1,62	7- 9	Zeevang NH	1,5	8,4
Woerden U	1,24- 1,71	6,9 - 9,5	Zeewolde FI	0,8	4,5
Wognum NH	1,5	8,4	Zegveld U	2,06	11,5
Wûnseradiel F	1,5	8,5	Zeist U	0,88 - 1,22	4,9 - 6,8
Wormer NH	1,5	8,4	Zelhem Gld	1,6	9,0
Wormerland NH	1,5	8,4	Zevenaar Gld	0,97	5,6
Wormerveer NH	1,5	8,4	Zevenhoven ZH	2,06	11,5
Woubrugge ZH	1,97	11,0	Zevenhuizen-Moerkapelle ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0
Woudenberg U	0,99- 1,13	5,5 - 6,3	Zierikzee Z	2,52- 2,7	14- 15

Zoelen G	1,94	10,8
Zoetermeer ZH	1,55- 1,65	8,7- 9,0
Zoeterwoude-dorp ZH	2,0	11,1
Zoeterwoude-Rijndijk ZH	1,97	11,0
Zuidhorn Gr	1,5	8,4
Zuidlaren Dr	1,5	8,4
Zuidwolde Dr	2,14	11,9
Zundert NB	1,6	9,0
Zutphen Gld	1,04 - 1,8	5,8- 10,1
Zwaag NH	1,5	8,4
Zwartsluis O	2,14- 2,23	12,0- 12,5
Zweeloo Dr	1,5	8,4
Zwolle O	2,08 - 2,43	11,6 - 13,5
Zwijndrecht ZH	2,71	15,2
Zijderveld ZH	2,2	12,3
Zijpe NH	1,5	8,4

